

BIBLIOTHEEK
LEESMUSEUM
AMSTERDAM.

Afd. *Cynk.*

N^o 4803.

4803

THESIS. GRONINGEN

1911.

VISCOSITEIT EN

VISCOSIMETRIE

VAN HET BLOED.

M. SIJPKENS/SMIT.



Gift
of Mr. William Wreden



4803.

VISCOSITEIT EN VISCOSIMETRIE

VAN HET BLOED.

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
360 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD
VAN DOCTOR IN DE GENEESKUNDE AAN DE RIJKS-
UNIVERSITEIT TE GRONINGEN, OP GEZAG VAN DEN
RECTOR-MAGNIFICUS, Dr. R. A. REDDINGIUS, HOOG-
LEERAAR IN DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE,
TEGEN DE BEDENKINGEN DER FACULTEIT IN HET
OPENBAAR TE VERDEDIGEN OP WOENSDAG 24 MEI 1911,
DES NAMIDDAGS TE 3 $\frac{1}{2}$ UUR, DOOR MATTHEUS
SIJPKENS SMIT, ARTS TE MAKKINGA, GEBOREN TE
GRONINGEN. * * * * *

M. DE WAAL. — 1911. — GRONINGEN.



AAN DE NAGEDACHTENIS MIJNER MOEDER,
AAN MIJN VADER EN MIJNE VROUW.

Bij het voleindigen van dit proefschrift is het mij een aangename taak U Hoogleraren, Lector en Docenten der Medische en Philosophische Faculteit mijn hartelijken dank te betuigen voor het onderwijs, dat ik van u heb mogen ontvangen.

Bovenal geldt dit U, hooggeleerde WENCKEBACH, mijn geachte promotor, niet alleen voor den steun ondervonden bij het bewerken van dit proefschrift, maar vooral voor hetgeen ik van U mocht leeren in den tijd, dat ik uw assistent was. De jaren, waarin ik onder Uw leiding gewerkt heb, zullen mij steeds in dankbare herinnering blijven.

Ten slotte mijn hartelijken dank aan U, oud-collega VISSER, voor uw voortdurende belangstelling in mijn werk en uw hulp en voorlichting, die ik nooit tevergeefs inriep, wanneer ik op de voor een medicus vaak donkere wegen der mathesis en physica dreigde te verdwalen.

Een woord van erkentelijkheid verder voor allen, die mij op eenigerlei wijze behulpzaam waren.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INHOUD.

	Bladz.
INLEIDING	1
HISTORISCH OVERZICHT	10
Samenvatting der Resultaten	87
EIGEN ONDERZOEK	90
DE GEWIJZIGDE VISCOSIMETER NAAR HET PRINCIPE HARO- DETERMANN	94
BETROUWBAARHEID VAN DEN VISCOSIMETER	99
Bruikbaarheid van het toestel	102
De viscositeitscoëfficiënt van water	102
De viscositeitscoëfficiënt van aniline	104
De viscositeitscoëfficiënt van rietsuikeroplossingen .	106
EIGEN METINGEN DER BLOEDVISCOSITEIT	124
Waarnemingen bij gezonden	124
Waarnemingen bij nephritis chronica	129
Waarnemingen bij tuberculose	130
Waarnemingen bij pericarditis exsudativa, pleuritis en peritonitis	131
Waarnemingen bij diabetes mellitus	132
Waarnemingen bij neurosen	132
Waarnemingen bij diverse ziektegevallen	133
Invloed van jodetum kalicum	135
Invloed van chloretum calcicum	137
RESUMÉ	138
LITTERATUUROVERZICHT TOT 1910	140
STELLINGEN	150

INLEIDING.

Het vraagstuk der „Viscositeit” heeft sinds POISEUILLE in steeds stijgende mate de aandacht van physici, chemici, physiologen en klinici getrokken. De litteratuur-opgave aan het eind van dit boekje geeft daarvan voor de twee laatste categoriën het overtuigend bewijs. Had ik ook de physische en chemische litteratuur willen noemen, mijn lijst was zeker tienmaal langer geworden.

Het is gewenscht te beginnen met zich goed rekenschap te geven, wat we eigenlijk onder viscositeit hebben te verstaan. Bij lezing van de bestaande litteratuur stuit men namelijk herhaaldelijk op minder juiste voorstellingen. Daar physici in het algemeen scherper formuleeren dan medici, doet men verstandig allereerst ter leering te gaan bij een man als BOSSCHA. Deze zegt in zijn „Leerboek der Natuurkunde”: „Men onderscheidt bij vloeistoffen tweeërlei wrijving: *eene uitwendige wrijving*, welke ontstaat als eene vloeistof tegen een vasten wand schuurt en eene *inwendige wrijving* van de vloeistofdeelen onderling. *In die vloeistoffen evenwel, welke de wanden waar zij langs stroomen bevochtigen, kan de uitwendige wrijving bij beweging geen arbeid verrichten*: de vloeistoflaag namelijk, die met den wand in aanraking is en dezen bevochtigt, blijft daardoor in rust, alsof zij door den

wand wordt vastgehouden, zoodat er alleen betrekkelijke beweging van elkander aarakende vloeibare stofflagen plaats heeft, die inwendige wrijving veroorzaakt. Alleen bij die vloeistoffen, welke, zooals kwikzilver en gesmolten metalen, langs ijzer of glas stroomende, den wand niet bevochtigen, kan uitwendige wrijvingsarbeid ontstaan.

De inwendige wrijving van vloeistoffen is, in het wezen der zaak, een geheel ander verschijnsel dan de wrijving van over elkander schuivende vaste lichamen; zij komt daarmede alleen in dit punt overeen, dat zij, in geval van beweging, arbeid eischt tot het in stand houden van die beweging, en dat die arbeid, zoo hij niet door uitwendige krachten wordt geleverd, aan de bewegingsenergie wordt onttrokken en daardoor de snelheid der wrijvende lichamen uitput."

Om dus een vloeistof van vorm te doen veranderen, met andere woorden, om vloeistofdeeltjes ten opzichte van elkander te verplaatsen, is een kracht noodig, daar de wrijving van de deeltjes tegen hun bureu moet worden overwonnen. De grootte van de kracht noodig om deze inwendige wrijving of viscositeit van de vloeistof te overwinnen is o.a. afhankelijk van den aard van de stof.

De inwendige wrijving zal bij een taaie, strooperige vloeistof als perubalsem grooter zijn, dan bij een gemakkelijk vloeiende, zeer beweeglijke, als aether.

De wetten, die de viscositeit beheerschen, zijn door HAGEN (1839) en POISEUILLE (1843) empirisch gevonden. STOKES (1847) leidde ze theoretisch af, terwijl HAGENBACH en COUETTE ze later nog nader hebben uitgewerkt.

Een zeer belangrijke rol speelt de inwendige wrijving bij de beweging van vloeistoffen door buizen en dus ook bij de bloedsomloop. BOSSCHA zegt hiervan:

„Een Parijsch geneesheer, POISEUILLE, heeft in 1842 een onderzoek volbracht, dat van groote en blijvende beteekenis moet geacht worden voor de kennis van de inwendige wrijving van vloeistoffen. Hij bepaalde de hoeveelheid vloeistof, die bij verschillende gemeten drukkingen en gemeten tijd stroomt door buizen van verschillende lengten en doorsneden. Wel hadden reeds voor hem andere onderzoekers HALES, DUBUAT, DARCY, dergelijke proeven ondernomen, doch de proeven van POISEUILLE hebben veel hooger waarde, niet alleen om de groote zorg daaraan besteed, maar ook om de bijzondere wijze, waarop POISEUILLE te werk ging. Zijn doel was namelijk gegevens te verzamelen voor de studie van den bloedsomloop in het dierlijk lichaam. Om nu bij zijn proeven zoo na mogelijk de omstandigheden te verwezenlijken, waaronder de bloedstroom verkeert, gebruikte hij zeer nauwe buizen. Maar juist bij de strooming door nauwe buizen komt de werking der schuivende wrijving van vloeistoffen veel duidelijker en zuiverder voor den dag. De beweging is veel regelmatiger dan in wijde buizen; men kan aannemen, dat alle deelen, volgens de as voortgaan en dat geene andere bewegingen, dan die, welke tot het wezen der wrijving zelve behoreu, het verschijnsel verstoren. Dat inderdaad in zeer nauwe buizen de vloeistof eene beweging heeft, evenwijdig aan de as, daarvan overtuigde zich POISEUILLE door met behulp van een mikroscoop den bloedstroom waar te nemen in de fijne slagaderen van het darmvlies van een kikvorsch. Daarbij valt dan op te merken, dat de snelheden in verschillende punten van de doorsnede zeer ongelijk zijn. Langs de as stroomt het bloed het snelst, dicht bij de wanden is slechts zeer weinig beweging waar te nemen, wat ook reeds aan VON HALLER en SPALLANZANI bekend was.

Bij het stroomen van een vloeistof door een capillair wegen de deeltjes zich dus in vele conaxiale cylindervlakken, waarbij de snelheid van het midden naar den wand langzamerhand afneemt. Bij vloeistoffen, die den wand bevochtigen, is het buitenste cylindervlak, dat dus onmiddellijk tegen den vaatwand aanligt, in rust.

Van eene uitwendige wrijving, d. w. z. van wrijving van de vloeistofdeeltjes tegen den vaatwand, is dus geen sprake."

Er zijn drie methodes in gebruik om de viscositeit van vloeistoffen te bepalen.

In de allereerste plaats die methode, waarbij men vloeistoffen onder constanten druk door nauwe capillairen laat stroomen. Deze wordt wel het meest toegepast. De tweede methode bestaat hierin, dat men een schijf, een kogel of een cylinder in de vloeistof slingeren laat uitvoeren en de damping waarneemt, welke deze lichamen daarin ondervinden. De derde bestaat daarin, dat men een met vloeistof gevuld hol lichaam draaiingen laat maken en uit de damping de kracht berekent, welke de vloeistof op den wand uitoefent.

De meeste waarnemingen zijn gedaan volgens de eerste methode, de zoogenaamde transpiratiemethode, en enkel over deze zal in dit proefschrift gehandeld worden.

POISEUILLE vond zuiver empirisch de wet, die betrekking heeft op de streaming van vloeistoffen door capillairen, wanneer deze niet te kort zijn en de vloeistof onder niet te hoogen druk staat, en die weergegeven kan worden door de volgende eenvoudige formule:

$$V = \frac{KPD^4}{L}$$

$$(1.) \quad \frac{1}{K} = \frac{PD^4}{VL}.$$

Hierin is:

V = de hoeveelheid vloeistof, die in de tijdseenheid uitvloeit.

P = de druk in grammen per cm^2 .

D = de middellijn van de capillair.

L = de lengte van de capillair.

K = de hoeveelheid vloeistof, die in de tijdseenheid uitvloeit, wanneer $P = 1$, $D = 1$ en $L = 1$ wordt.

De grootheid K in deze formule is een constante factor, die enkel en alleen afhangt van den aard van de stof. POISEUILLE noemt den door inwendige wrijving optredenden weerstand *transpiratie* en dezen factor den *transpiratiefactor*. Voor elke vloeistof bij een bepaalde temperatuur heeft deze K een bepaalde waarde, en het is deze waarde, die samenhangt met de *fluiditeit* van een vloeistof. Is n.l. K voor een of andere vloeistof grooter dan voor een tweede, dan is voor de eerste vloeistof ook de fluiditeit grooter, maar de *viscositeit*, d. w. z. de kracht, die zich verzet tegen het schuiven der vloeistoflagen langs elkaar, kleiner.

Na POISEUILLE is het aan STOKES ¹⁾, HAGENBACH ²⁾, HELMHOLTZ ³⁾ en anderen gelukt de bovengenoemde wet theoretisch af te leiden. Bij deze afleidingen wordt vooropgesteld, dat de beweging der deeltjes enkel en alleen plaats heeft in de richting van de as van de capillair en geen bewegingen plaats hebben in de doorsnede, dus in de richting loodrecht

1) STOKES, Cambridge Phil. Trans. 8 304 (1847).

2) HAGENBACH, Pogg. Ann. 109 385 (1860).

3) HELMHOLTZ, Wien. Ber. 40 607 (1868).

op die as, hetgeen alleen gebeurt in genoegzaam nauwe buizen.

Voor deze afleiding zie men het „Handbuch der Physik” van Winkelman, 2^{de} Aufl. I, 2, pag. 1380.

Deze onderzoekers kwamen tot de volgende betrekking:

$$V = \frac{\pi P}{8\eta L} r^4$$

$$\eta = \frac{\pi P r^4}{8VL}$$

Hierin is r de straal der buis en η een constant getal.

Daar $r^4 = \frac{D^4}{16}$, kan de vorige betrekking ook aldus worden geschreven:

$$\frac{128}{\pi} \eta = \frac{PD^4}{VL}$$

De empirisch door POISEUILLE gevonden betrekking en de theoretische zijn dus identiek en de constante K uit POISEUILLE's formule is:

$$K = \frac{\pi}{128\eta}$$

Wanneer wij in de theoretisch afgeleide betrekking de lengte en de straal van de capillair in centimeters, den druk in grammen per cm^2 en het volumen, dat in de seconde uitstroomt, in cm^3 uitdrukken, dan stelt η de kracht voor, die de beweging van een vloeistoflaag van 1 cm^2 tegenwerkt, wanneer deze met een stationnaire snelheid van 1 cm . op een afstand van 1 cm . van een rustende laag, evenwijdig aan deze zich voortbeweegt. Deze kracht is dan uitgedrukt in grammen. Wil men η in absolute maat, dus in dynes

uitdrukken, dan moet α met de versnelling der zwaartekracht worden vermenigvuldigd; dus wordt

$$[\eta] = \frac{981\pi}{8} \cdot \frac{Pr^4}{LV}.$$

Hierin is V de hoeveelheid vloeistof, die per seconde uitstroomt. In een tijd t seconden stroomt dus uit Vt cM³ en noemt men dit volume v , dan is

$$V = \frac{v}{t}.$$

Wordt bovendien de doorsnede der buis = q genomen, dan is

$$q^2 = \pi^2 r^4 \text{ cM}^2,$$

en deze beide waarden in de laatste betrekking invoerende, komt er:

$$(2.) \quad [\eta] = \frac{981}{8\pi} \cdot \frac{q^2 P}{Lv} t.$$

Laat men een bepaald volumen vloeistof onder zijn eigen druk uit een verticale capillair stroomen, dan is $p = hs$ als h de gemiddelde drukhoogte en s het spec. gewicht der vloeistof is. Meestal heeft men zich tevreden gesteld met de z.g. *relatieve viscositeit*, m. a. w. men bepaalde de verhouding tusschen den viscositeitscoëfficiënt van water en van de te onderzoeken vloeistof bij dezelfde temperatuur.

De chemici bedienden zich meestal van het apparaatje van OSTWALD. Met behulp van een pipetje worden 2 à 3 c.M³. water in het bolletje E gebracht. Daarop wordt het water door zuigen bij a tot boven het merk b gebracht. Dan laat men de vloeistof uit B wegvloeien en wordt met behulp van een chronometer de tijd bepaald, waarop de vloeistof b en c

passeert. Het geheele toestelletje bevindt zich in een thermostaat. Daarop wordt de proef herhaald met de te onderzoeken vloeistof. De vloeistof stroomt

bij de proeven niet onder constanten druk uit, deze wordt kleiner naarmate de vloeistof daalt. Dit kan echter in rekening worden gebracht. Bij dit toestelletje wordt de kracht $P = hs$, indien h het gemiddelde verschil in lengte is tusschen de beide vloeistofniveaus en s het spec. gew. der vloeistof. De kracht is dus bij dit soort toestellen niet standvastig.

De formule wordt in dit geval:

$$[\eta_1] = \frac{981}{8\pi} \cdot \frac{q^2 h}{Lv} s_1 t_1.$$

Hieruit volgt, dat als men een andere vloeistof met een viscositeitscoëfficiënt η_2 en een spec. gew. s_2 laat doorstroomen en de doorlooptijd is t_2 , dat dan:

$$\eta_1 : \eta_2 = s_1 t_1 : s_2 t_2.$$

$$\eta_1 = \eta_2 \cdot \frac{s_1 t_1}{s_2 t_2}.$$

Neemt men als 2^{de} vloeistof water, dan is:

$$\eta_r = \frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{s_1 t_1}{s_2 t_2}.$$

Het getal η_r op deze wijze gevonden, geeft dan de zoogenaamde *relatieve viscositeitscoëfficiënt* ten opzichte van water bij die temperatuur.

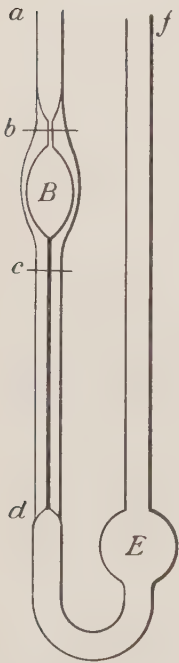


Fig. 1.

Relatieve viscositeitscoëfficiënten worden gevonden met de toestellen van OSTWALD, BECK u. HIRSCH en DETERMANN.

Uit formule (2) volgt nog, dat als wij verschillende vloeistoffen door een toestel laten stroomen, zóó, dat de kracht p dezelfde blijft, dat:

$$\eta_1 : \eta_2 = \frac{t_1}{v_1} : \frac{t_2}{v_2}$$

$$\eta_1 : \eta_2 = v_2 t_1 : v_1 t_2.$$

Deze betrekking wordt nog eenvoudiger, wanneer wij van de twee variabele grootheden v en t nog één standvastig houden, b.v. t , de tijd, dan wordt

$$\eta_1 : \eta_2 = v_2 : v_1.$$

Dit laatste is verwezenlijkt bij de toestellen van HESS en MÜNZER u. BLOCH.

HISTORISCH OVERZICHT.

De eerste, die het groote gewicht van de viscositeit voor de leer der bloedsomloop inzag, was POISEUILLE, arts te Parijs.

In 1842 werd door hem bij de Académie des Sciences een „Mémoire” ingediend, getiteld: „Recherches expérimentales sur le mouvement des liquides dans les tubes de très-petits diamètres.”

Hij beschrijft hierin den empirischen weg, dien hij volgde om te komen tot de wetten, die de beweging beheerschen van gedistilleerd water in glascapillairen van ongeveer dezelfde doorsnede als de bloedcapillairen. De diameter van zijn buisjes varieerde tusschen 0.65 en 0.015 m.M.

De inrichting van zijn toestel en zijn manier van werken, die beide vrijwel niets te wenschen overlaten, zijn als volgt:

Een glazen vat M in peervorm, communiceert boven met een koperen buis, die zich in drieën verdeelt. De eerste arm staat in verbinding met een perspomp, de tweede met een manometer, de derde met een luchtreservoir met een capaciteit van ongeveer 60 L. Door middel van de perspomp, kan zoo op de oppervlakte van de uitstroomende vloeistof een vrijwel constante druk worden onderhouden.

De eigenlijke capillair *ef* staat door de buis *abcde* in verbinding met het vat M. Deze buis mondt zijdelings in het vat.

opdat kleine stofjes, waarvan de lucht niet geheel is te zuiveren, zich in de punt N kunnen verzamelen.

De buisjes *bc* en *de* waartusschen de bol A, hebben een doorsnede van $\frac{3}{4}$ m.M. De

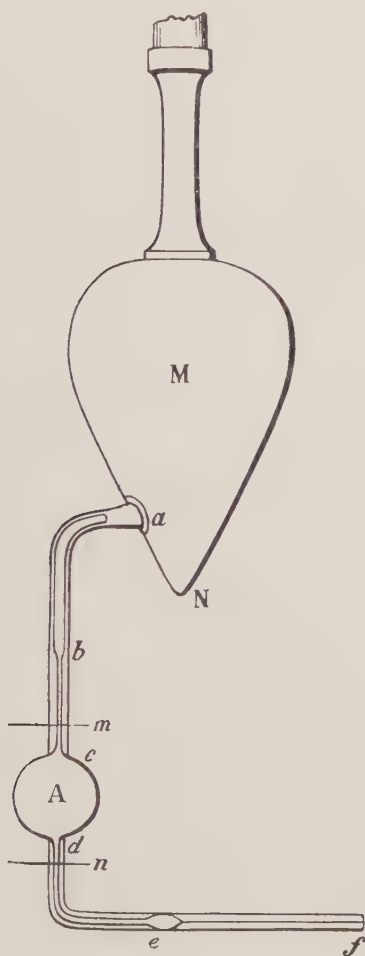


Fig. 2.

rechthoekig omgebogen buis *de* eindigt in de verwijding *e*, waaraan de te bestudeeren capillair *ef* is vastgesmolten, hierdoor is het mogelijk nauwkeurig de lengte van *ef* te bepalen. De merken *m* en *n* zijn geplaatst op 2 m.M. afstand van de bol A. De inhoud van het gedeelte tusschen *m* en *n* is nauwkeurig bepaald. De horizontaal liggende capillair *ef* en de bol A zijn ondergedompeld in een vat gevuld met water, het niveau hiervan reikt tot één m.M. beneden 't merk M. Dit vat werd door POISEUILLE nog weer in een bak met water van dezelfde temperatuur geplaatst om deze meer constant te doen zijn.

Dit toestel wordt eerst van *a* tot *f* gevuld met water, dat eenige keeren is gedestilleerd, dan opgesteld, en

daarop kan door het openen van een kraan, de door middel van de perspomp verkregen gewenschte luchtdruk uit het reservoir op de vloeistof inwerken.

Afgelezen worden met een kijker de oogenblikken, dat het vloeistofniveau de punten m en n passeert, en de tijd daartusschen met een chronometer bepaald. Tevens worden temperatuur en druk vastgesteld als het niveau bij m en verder als het bij n is gekomen. Soms werd in den druk een zeer klein verschil gevonden en dan bij de berekening het gemiddelde van de twee waarnemingen genomen.

Men treft nooit glazen buizen aan, waarvan de inwendige opening overal dezelfde doorsnede heeft, noch zelfs waarin die doorsnede een volkomen cirkel is. (BOSSCHA, Leerboek der Natuurkunde, blz. 80). POISEUILLE zocht uit een zeer groot aantal thermometerbuizen diegenen uit, die althans zoo dicht mogelijk het ideaal van een capillair naderden, door op een groot aantal doorsneden microscopisch den diameter van de inwendige opening te bepalen. Verschilden de lengten van twee diameters loodrecht op elkaar slechts zeer weinig, dan werd een dergelijke capillair gekozen en als diameter genomen het geometrisch midden van de twee gevonden waarden.

POISEUILLE vond vooreerst, dat: *voor dezelfde capillair, de hoeveelheden uitgestroomd water, in denzelfden tijd, evenredig waren met de drukkingen.* Dit noemde hij: *de wet der drukkingen.*

Daarop ging hij *den invloed van de lengte* van de capillair na en vond, wanneer hij deze successievelijk steeds korter nam, *dat er een limiet was, waar beneden de wet der drukkingen niet meer gold.* De waarde van deze limiet vond hij afhankelijk van den diameter van de buis.

Een buisje van 0.029 m.M. doorsnede volgde nog zijn wet bij een lengte van 2.1 m.M., terwijl een van 0.65 m.M. de wet nog wel volgde bij een lengte van 384 m.M., maar niet meer bij een lengte van 200 m.M.

Beneden de limiet vermeerderd de uitstroomingssnelheid vlugger dan de druk.

Bij deze bepalingen deed zich weer de moeilijkheid voor, dat de buizen niet volkomen cylindrisch zijn. Bij iedere verkorting bepaalde POISEUILLE weer microscopisch den diameter van de uitstroomingsopening en kon zoo de daardoor noodzakelijk geworden, trouwens zeer kleine correctie aanbrengen.

Uit de genomen proeven bleek, dat *de uitstroomingstijden van een zelfde hoeveelheid vloeistof, bij dezelfde temperatuur, onder denzelfden druk en door capillairen van denzelfden diameter, evenredig zijn met de lengten van de capillairen.* Dit is de *Wet der lengten*. Ook deze wet geldt eerst bij een bepaalde lengte van de buis, die dezelfde blijkt te zijn als voor de wet der drukkingen.

Tenslotte ging POISEUILLE na, den invloed van den diameter op de hoeveelheid uitgevloeid water, terwijl hij er zorg voor droeg, dat de lengten zoodanig waren, dat aan de twee eerst gevonden wetten voldaan werd.

Hij vond nu dat, *ceteris paribus, de uitgestroomde volumina gedurende bepaalden tijd, bij dezelfde temperatuur en druk en door capillairen van dezelfde lengte, maar met verschillende doorsnede zich verhouden als de vierdemachten van de diameters.*

Voor capillairen van voldoende lengte is dus $Q = K \frac{HD^4}{L}$,

waarin Q = het uitgestroomde volumen water per seconde, H de druk, D de diameter, L de lengte van de buis en K een constante, afhankelijk van de temperatuur.

Daarop ging hij nog den invloed van de temperatuur na en vond voor water:

$$Q = 1836.724(1 + 0.0336793T + 0.0002209936T^2) \frac{HD^4}{L}.$$

Hieruit volgt, dat *de uitstroomingssnelheid snel vermeerderd met de temperatuur*. Bij 45° vond hij de snelheid $2\frac{1}{2} \times$ zoo groot als bij 5°.

In 1843 vinden we in de „Comptes rendus” nieuwe mededeelingen van POISEUILLE. Het doel, dat hij zich thans gesteld heeft, omschrijft hij als volgt: „Le Mémoire, que j'ai l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie montrera, je l'espère, quant à l'écoulement des liquides, lorsqu'on fait varier leur nature, le lien qui unit les phénomènes du mouvement observés, soit dans les tubes incertés, soit dans les tubes organisés morts, soit dans les vaisseaux capillaires vivants.”

Hij begint met er op te wijzen, dat bij het stroomen van vloeistoffen door capillairen het vocht zich feitelijk beweegt door een buis, waarvan de wand gevormd wordt door de vloeistof zelf. Dit werd ook reeds aangenomen door GIRARD en andere hydraulici, maar POISEUILLE was de eerste die het door het experiment aantoonde. Hij liet in zijn toestel 6 c.M³. gedistilleerd water stroomen. De capillair was 108 m.M., de diameter 0.255 m.M., de druk 746.45 m.m. water.

De doorstroomingstijd bedroeg 1132 seconden. Daarop liet hij door dit buisje een alcoholische vernisoplossing gaan en vervolgens een groote hoeveelheid lucht, waardoor de alcohol verdampte en een bijna onmerkbaar laagje vernis aan de binnenzijde van de capillair achterbleef. Daarop werd weer

ceteris paribus, dezelfde proef herhaald en nu bleek de doorlooptijd 1136 sec. Eindelijk werd onder verwarming het laagje verwijderd en ten derden male de proef herhaald. De doorlooptijd was nu 1135.75 sec. Een fraaie illustratie van het feit, dat bij vloeistoffen, die den wand bevochtigen, de doorlooptijd door capillairen onafhankelijk is van den aard van den wand.

In 1835 had POISEUILLE ook reeds medegedeeld, dat: „la surface interne des vaisseaux vivants est tapissée d'une couche de serum en repos; que c'est sur cette couche de liquide infiniment mince, que glisse le sang dans son mouvement à travers les vaisseaux; de sorte qu'à la faveur de cette couche le fluide nourricier se meut dans un tube à parois liquides.”

Hij gaat dan na, den invloed van kaliumnitraat, ammonium acetaat en alcohol op het stroomen van serum door glas-capillairen en door capillairen van verschillende organen, als nieren, lever en extremiteiten.

Het blijkt, dat in beide gevallen de eerste twee een versnellenden, alcohol daarentegen een vertragenden invloed heeft.

Nu wenschte hij het ook ten opzichte van het levende individu uit te maken. Hij maakte daarvoor gebruik van een methode reeds vroeger door HERING aangegeven. Bij een paard worden beide venae jugulares blootgelegd en in een van de twee een stof, b.v. ferro cyaankalium, ingebracht, die gemakkelijk door reagentia is aan te toonen. Er wordt nu de tijd bepaald, die verloopt, totdat het zout in het bloed uit de vene aan de andere zijde is te vinden.

POISEUILLE maakte de volgende oplossingen:

1°. geel bloedloogzout 0.15.

aq. dest. 10.—.

2 ^o .	rood bloedloogzout	0.10.
	kalium nitraat	0.10.
	aq. dest.	10.—.
3 ^o .	rood bloedloogzout	0.10
	ammonium acetaat	0.60.
	aq. dest.	10.—.
4 ^o .	geel bloedloogzout	0.10.
	aq. dest.	2.—.
	alcohol	8.—.

Ingespoten in de V. jugularis van een hond bleek geen dezer oplossingen invloed op de hartswerking te hebben.

Deze vloeistoffen werden nu in een hoeveelheid van 455 c.M³. ingebracht in de eene V. jugularis van een paard en uit de andere V. jugularis het bloed opgevangen, telkens tot een hoeveelheid van 20 à 25 c.M³., waarop het kolfje door een ander werd vervangen. Nauwkeurig werd de tijd opgenomen van de injectie en van het vullen der verschillende kolfjes.

Door middel van een oplossing van ferri-chloride werd nu bepaald in welk kolfje het geel bloedloogzout het eerst was aan te toonen en daarmee dus tevens de doorlooptijd door de tusschenliggende bloedvaten.

Nauwkeurig werd tevens de pols en de respiratie van het dier opgenomen. De paarden bleven er rustig bij staan en trokken zich zoo het scheen al heel weinig van de zaak aan.

Tien aldus genomen proeven hadden tot resultaat, dat ook nu weer kaliumnitraat en ammoniumacetaat versnellend, alcohol vertragend, werkte. Een volkomen analogie dus tusschen de drie reeksen van waarnemingen.

POISEUILLE wijst er ten slotte nog op, dat men uit deze waarnemingen niet mag afleiden, dat bovengenoemde stoffen per os genomen hetzelfde effect zullen hebben.

In 1847 deed POISEUILLE nieuwe mededeelingen in de „Annales de chimie et de physique.” Hij had de viscositeit van allerlei oplossingen van zouten, zuren, basen en van andere vloeistoffen nagegaan met het door hem gevonden toestel.

Vooreerst bleek, dat oplossingen in aq. dest. van JK en BrK, kalium- en ammoniumnitraat, ammonium- en kalium-chloraat, cyaankalium en ammoniumacetaat, minder visceus zijn dan aq. dest. zelve. En zegt POISEUILLE: „tous ces sels, à des doses qui ne seraient pas toxiques bien entendu, faciliteraient le passage du sang dans les vaisseaux capillaires, en supposant toutefois que la constitution du sang restât la même. Nous l'avons vérifié directement sur le cheval vivant pour l'iodure de potassium, l'azotate de potasse, les chlorhydrate et acétate d'ammoniaque.”

Naar analogie van deze laatste 4 zouten hetzelfde te concludeeren voor de 4 andere genoemde zouten lijkt mij niet geoorloofd.

Geen invloed op de viscositeit hadden NJa en joodijzer, AgNO_3 en sublimaet.

Vertragend werkten natrium, lood-, strontium-, calcium-, en magnesiumnitraat, keukenzout, chloorcalcium en chloormagnesium, hydrochloras-morphini en-strychnini, cyaankwik, kalium-, ammonium-, natrium-, magnesium-, zink- en ijzersulfaat, sulfas-morphini en aluin, kalium-, natrium- en ammonium-phosphaat. K- en Na-arseniat, K-, Na- en NH_4 carbonaat, bicarbonaat en -oxalaat. Kaliumbioxalaat, loodacetaat, ijzer-citraat en tartras kalico stibicus.

Hij voegt hier weer aan toe: „ces sels à des doses non toxiques retarderaient la circulation capillaire, ainsi que nous l'avons vu directement sur le cheval vivant, pour le chlorure de sodium et le sulfate de magnésie.” Hier wordt dus hetgeen

in het dierexperiment bij twee van de 37 gevonden werd, overgebracht ook op de 35 anderen.

Dit is te meer bevreemdend, daar hij later mededeelt, dat b.v. NH_3 bij oplossing in water vertragend, bij oplossing in bloedserum versnellend werkt.

Na de beschrijving van een serie waarnemingen over zuren, basen, minerale wateren en nog enkele andere vloeistoffen, treedt hij in theoretische beschouwingen van weinig belang.

Daarna neemt hij proeven met runderserum. Voegt hij daaraan aether of alcohol toe, dan blijkt de viscositeit verlaagd, en hij waagt de vraag, of deze bemoeijikte capillaire circulatie wellicht de voornaamste symptomen der dronkenschap verklaart.

Toevoeging van NH_3 maakt het bloedserum minder visceus, eveneens doet het dit bij bloedserum, waaraan alcohol was toegevoegd.

Berust dronkenschap dus op den vertragenden invloed van de alcohol op de capillaire circulatie, dan zou, zoo redeneert POISEUILLE, NH_3 dus een tegengif kunnen zijn. En zegt hij: „en effet, on sait tout le succes qu'on obtient généralement de quelques gouttes d'ammoniaque prises dans un demi verre d'eau, contre les phénomènes de l'ivresse”¹⁾

Tenslotte deed hij nog een vergelijkende proef met:

- 1°. Serum (A.)
- 2°. Serum + een kleine hoeveelheid bloedlichaampjes (B).
- 3°. Gedefibrineerd bloed (C.)

¹⁾ GIRARD: Waarnemingen omtrent de geneesk. eigenschappen van den geest van ammoniakzouten, en wel bijzonder bij beschonkenen; uit het fransch door JORRITSMA, Amsterdam 1829.

KERR: Nouv. rem. 1893 p. 465.

De capillair was 110 mM lang, de diameter bedroeg 0.256 mM, de temp. was 11° en de druk waarschijnlijk 760 mM, de gebruikte hoeveelheid 5 cM³.

De doorlooptijd bedroeg voor A 20'33"

„ B 21'17"

„ C 68'47"

Met den microscoop kon hij waarnemen, dat B geen homogeen mengsel vormde, de bloedlichaampjes zonken naar beneden in de capillair en werden stootsgewijze uitgedreven. Veel sterker was dit bij C het geval. Toen hij de laatste proef herhaalde met een buisje van 0.1 mM doorsnede, hield het uitvloeien reeds na enkele seconden op. De diameter van zoogdiercapillairen zou volgens hem nog 100 maal kleiner zijn. Daar het MAGENDIE niet gelukt was, waarschijnlijk door de onmiddellijk na het uitnemen van een orgaan optredende vaatcontractie (EWALD), om gedefibrineerd bloed door de longcapillairen te voeren, besloot POISEUILLE uit de voorgaande proeven, dat het fibrine dient om de bloedlichaampjes gelijkmatig in het plasma te verdeelen en daardoor de circulatie mogelijk te maken.

De door POISEUILLE gevonden wetten werden door STOKES (1847), HAGENBACH (1860) en JACOBSON (1860) theoretisch afgeleid, die daarbij tot uitkomsten kwamen, welke met POISEUILLE overeenstemmen. Zij allen hielden zich bezig met homogene vloeistoffen.

De eerste, die zich weer aan bloedwaarnemingen waagde, was ARONHEIM (1867). Deze vulde buisjes, tot een fijne punt uitgetrokken met gedefibrineerd bloed, waaraan hij verschillende *zouten* toevoegde en bepaalde den tijd waarin het bloed onder zijn eigen gewicht van het eene merkteeken

naar een tweede vloeide. Voor de meeste zouten vond hij een vertragenden invloed.

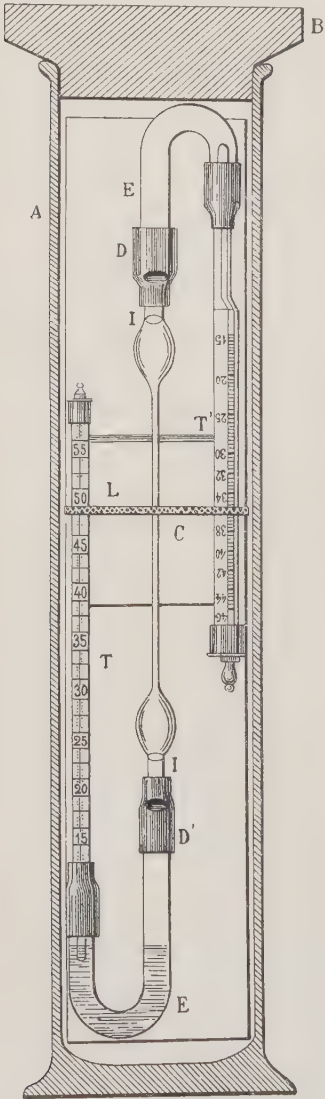


Fig. 3.

In de dan volgende tien jaren is het viscositeitsvraagstuk bijna alleen door physici en chemici behandeld en wel met zeer veel succes. (GRAHAM 1861. — RELLSTAB 1868. — HÜBNER 1873. — GUÉRONT 1875.)

DUNCAN and GAMGEE (1871) vonden, dat het normale bloed meer visceus is dan het *gedefibrineerde* bloed. Ze schreven dit toe aan het samenpakken der bloedlichaampjes. Ze gebruikten voor hun proeven 1 M. lange capillairen tot 1 mM doorsnede.

De eerste medicus, die weer iets belangrijks op ons gebied van zich liet hooren, is HARO (1876). De door dezen geconstrueerde „transpirometer” (fig.3) bestond uit twee vaten, door een loodrechte capillair verbonden. De druk wordt veroorzaakt door de werking van de zwaartekracht. Hij mat den tijd, waarin een bepaald volumen gedefibrineerd bloed uit het bovenste in het onderste vat was overgegaan. De symmetrische bouw van het toestel maakte, dat hij met hetzelfde

volumen bloed eenige waarnemingen achter elkaar kon doen. Daar hij den druk niet willekeurig kon wijzigen, kon hij niet nagaan in hoeverre de Wet van POISEUILLE ook voor gedefibrineerd bloed geldt. Hij vond, dat de doorströomingstijd van gedefibrineerd bloed 4.5 tot 7.25 maal zoo groot was als van gedestilleerd water.

Zijn verdere resultaten waren:

1°. Door de *warmte* neemt de viscositeit af en *deze werking doet zich des te sterker gelden, naarmate het aantal bloed-lichaampjes toeneemt, terwijl de invloed op het serum alleen ongeveer gelijk is aan die op gedestilleerd water.*

De werking is duidelijker, naarmate de kracht en de diameter kleiner zijn. Hij wijst er op, dat ceteris paribus verhooging van de lichaamstemperatuur gepaard gaat met verminderden weerstand voor het bloed in de capillairen.

2°. Doorvoeren van *koolzuur* verhoogt de viscositeit belangrijk.

3°. *Aether* verhoogt de viscositeit zoowel van gedefibrineerd bloed als van serum en water, niettegenstaande aether zelf belangrijk minder visceus is als water. Hij stelt zich meer voor van het gebruik van ammoniak bij aether-intoxicaties, dan bij dronkenschap. Dat ammoniak het bloed minder visceus maakt is, zegt hij, wel bekend.

4°. *Chloroform* verhoogt de viscositeit van water en serum, terwijl het gedefibrineerd bloed juist minder visceus maakt. Dit laatste schrijft hij toe aan een verhoogde plasticiteit en verkleining van het volumen der roode bloedlichaampjes onder invloed van de chloroform. De verminderde viscositeit zou de verklaring zijn voor de kleine en snelle pols bij langdurige chloroform-inademing.

5°. *Galzure natron* maakt ook in zeer kleine dosis gedefi-

brineerd bloed minder visceus, terwijl het op serum zeer weinig invloed heeft. Hij vindt het niet twijfelachtig, dat dit de oorzaak is van de langzame pols bij *icterus*.

In 1878 bericht HARO over nieuwe onderzoeken, waaruit bleek, dat *amylalcohol* de vloeibaarheid van bloed zeer verminderde. Bij proeven met runderbloed scheen het hem, dat het *fibrine* en het *serum* slechts weinig tot de viscositeit bijdragen; terwijl daarentegen de *bloedlichaampjes* een grooten invloed uitoefenen. Bij paardebloed scheen juist het fibrine van zeer veel gewicht te zijn.

EWALD (1877) construeerde een vrij ingewikkeld instrument, waarvan een nadere beschrijving de moeite niet loont. Op uiterst nauwkeurige wijze zijn door hem de afmetingen van zijn toestel en de verkregen resultaten medegedeeld, zoodat voor ieder belangstellende de waarde zijner proeven precies is na te gaan.

Zijn resultaten hebben quantitatief zeer geringe waarde, kwalitatief iets meer. Hij werkte met gedefibrineerd bloed door aderlating verkregen; de capillair was vertikaal geplaatst. Vooreerst stelde hij vast, dat hoogst waarschijnlijk ook voor bloed de Wet van POISEUILLE geldt. Zijn verhoudingsgetallen tot water bedroegen 2.5 tot 4. Deze hebben echter weinig waarde, deels door een minder gelukkige constructie van zijn toestel, deels door een rekenfout, voor welke laatste hij het volgende jaar echter een correctie gaf.

Dan vond hij ook *afname van de viscositeit bij hoogere temperatuur* en wel voor dezelfde intervallen des te sterker, naarmate de temperatuur lager en de uitvloeijingssnelheid kleiner is. Dit is dus anders dan bij gedistilleerd water, waarbij de viscositeit evenredig is met de temperatuur en

dus door een interpolatie-formule uitgaande van één gegeven temperatuur voor alle overigen te berekenen is.

Bij verschillende individuen van dezelfde *diersoort* verschilt de viscositeit nog vrij aanmerkelijk.

De viscositeit neemt toe naarmate langer *tijd* verstrijkt *tus-schen de bloedonttrekking en de proefneming*. Deze verhoogde viscositeit betreft alleen het gedefibrineerde bloed als geheel, niet het serum, dat onveranderd blijft.

Hij vond, dat de viscositeit in het algemeen stijgt met het *specifiek gewicht* en daalt met verhoogd *watergehalte* van het bloed.

Toevoeging van *koolzuur*, *nicotine*, *chloral* en *aether* verhoogt de viscositeit.

Toevoeging van kleine hoeveelheden (0.87 %) *glycocholzure natron* verhoogt de viscositeit, bij grotere hoeveelheid (2.07 tot 5.24 %) treedt daarentegen vermindering van de inwendige wrijving op.

Sulfas chinini, *curare* en *phosphorzuur* schijnen de viscositeit grooter te maken.

Al deze stoffen, in dezelfde hoeveelheden aan het serum toegevoegd, geven geen waarneembare verandering van de viscositeit.

Bevriezen en daarna weer ontdooien geeft verminderde viscositeit. EWALD vond wel voor verschillende individuën verschillende viscositeitswaarden, maar kon geen betrekking tot bepaalde *pathologische processen* vaststellen.

Tenslotte stelt hij zich de vraag, of de aard van den *capillairwand* invloed heeft op de viscositeit. Hij antwoordt hierop terecht ontkennend, daar immers de vloeistoflaag, die onmiddellijk aan den vaatwand grenst, zich in een toestand van rust bevindt.

Dan maakt hij nog attent op experimenten van Mosso (Von

einigen neuen Eigenschaften der Gefäßwand, Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig 1875, S. 156, ff.) Deze liet gedefibrineerd en op verschillende wijze behandeld bloed door het vaatgebied van z.g. „overlevende” nieren stroomen. De proeven waren zoo ingericht, dat niet alleen het in de tijdseenheid uit de vene stroomende bloed, maar ook door een plethysmograaf tegelijkertijd de verandering van volumen van de nier bepaald kon worden. Het bleek nu, bij afwisselend doorstroomen van zuiver bloed en van bloed, waaraan kleine hoeveelheden zouten waren toegevoegd, dat de doorstroomingssnelheid en het niervolumen steeds in denzelfden zin veranderden. Mosso ziet in deze verandering van de snelheid het onmiddellijk gevolg van den prikkel van het zout op den vaatwand en de dientengevolge optredende verandering in het vaatvolumen. EWALD vestigt er de aandacht nu op, dat er ten onrechte slechts even terloops op gewezen wordt, dat ook toestandsveranderingen van het bloed zelf van invloed geweest kunnen zijn. Inderdaad zal het verminderde uitstroomingsvolumen misschien niet alleen op rekening van de vaatcontractie gesteld moeten worden, maar heeft hierbij de vermeerderde viscositeit wellicht een rol gespeeld.

In een kort artikeltje van NICOLLS (1896) in de „Journal of Physiology” worden 2 proeven met *gedefibrineerd ossenbloed* in horizontaal liggende capillairen beschreven. Hij vond de inwendige wrijving 5.4 en 5.6 maal zoo groot als bij water. Een absolute waarde werd ook door hem niet bepaald.

Op grond van zijn verdere proeven concludeert hij, dat een *mengsel van bloed en water* gemakkelijker vloeit dan bloed alleen en dat de inwendige wrijving van bloed snel afneemt met toenemende *temperatuur*, zoodat wanneer dit laatste ook

geldt voor de circulatie in het levende lichaam, de weerstand en daarmede de arbeid voor het hart door koorts vermindert.

LEWY (1897) was de eerste, die de absolute waarde van de viscositeitscoëfficiënt voor gedefibrineerd bloed bepaalde.

Voor de inrichting van zijn toestel zie men het origineel.

LEWY defibrineerde het bloed door slaan of ving het direkt uit een arterie van het dier op in een oplossing van oxaalzure ammoniak. Hij erkent, dat door dit laatste de viscositeit verandert, maar bij de toch reeds groote physiologische schommelingen in de waarde van η , acht hij het van geen belang. Gebruikt werden honden, varkens, schapen en paarden. Het bloed werd direkt gebruikt of eerst 1 of 2 dagen koel bewaard. Door schudden van het bloed met lucht, trachtte hij dit te arterialiseeren.

Hij vond nu vooreerst: *dat de hoeveelheid gedefibrineerd bloed, die per seconde door een horizontale capillair vloeit, evenredig is met den aangewenden druk.*

Uit een volgende rij experimenten concludeert hij: *dat de capillairformule van Poiseuille vrij juist de strooming weergeeft van gedefibrineerd bloed door een enge horizontale buis van voldoende lengte, mits er voor gezorgd wordt, dat gedurende het doorstroomen geen sedimenteering optreedt.*

Als waarde van η voor temperaturen tusschen 36° en 40° vond hij getallen tusschen 0.00013 en 0.00068. Meestal echter lag de waarde tusschen 0.00022 en 0.00029. Zoodat zijn gemiddelde waarde is $\eta = 0.00025$.

Voor gedestilleerd water is η volgens POISEUILLE 0.000070.¹⁾

¹⁾ Deze, door LEWY gegeven getallen, zijn blijkbaar niet juist. De η voor gedest. water bij 35° is volgens POISEUILLE 0.00721 dynes, dus 0.0000073 gram.

De viskositeit van bloed zou dan 2 tot 10 maal en gemiddeld 3.5 maal zoo groot zijn als van water.

Omtrent den invloed van de *temperatuur* deed hij slechts eene waarneming. Hij vond α bijna konstant tusschen 27.1° en 50.2° en eerst daarna bij hoogere temperatuur snel afnemend.

Op grond van zijn gevonden viscositeitswaarden en in verband met theoretische beschouwingen, komt hij ten slotte tot de conclusie *dat ten hoogste $\frac{1}{14}$ deel van den totalen bloeddruk door de eigenlijke capillairen verbruikt wordt.*

De grootste weerstand voor de bloedcirculatie komt dus voor rekening van de kleinere en kleinste arterien en niet voor de capillairen.

HARRY CAMPBELL was reeds 3 jaar eerder langs anderen weg tot dezelfde conclusie gekomen. Hij zegt reeds: „that the capillaries offer a very slight check to the blood current and that the chief obstacle is encountered in the arteries.” (The Lancet 1894, I, P. 594).

HÜRTHLE (1897) was de eerste die de fluiditeits-coëfficiënt k bij het levende dier bepaalde. Bij de genarcotiseerde dieren werden beide carotiden blootgelegd. De linker werd met een kwikmanometer verbonden, die den arterieelen bloeddruk registreerde. Uit de rechter werd het bloed door een korte canule onmiddellijk in de glascapillair gevoerd.

Maatregelen werden getroffen, waardoor het mogelijk was, het uit de capillair vloeiende bloed zonder verlies te verzamelen, de tijd zoo nauwkeurig mogelijk te bepalen, het opvangen eerst te doen aanvangen als de eerste druppels uit de capillair waren afgevloeid, (daar eerst dan den weerstand in de capillair dezelfde blijft) en om alle manipulaties binnen een halve minuut te doen plaats hebben. De tijd werd

gemeten met behulp van een kymographion tot in $\frac{1}{100}$ seconde nauwkeurig. Een tweede kymographion diende om den artieelen bloeddruk te registreeren. De uitgevloeide hoeveelheid werd gewogen op de analytische balans en het volumen door middel van het specifiek gewicht berekend. Het bloed werd daartoe in een pyknometer opgevangen.

De capillair was door een watermantel omgeven, met een aan- en afvoerbuis, waardoor hij op een temperatuur van $\frac{1}{2}^{\circ}$ boven de lichaamstemperatuur van het proefdier gehouden werd. De horizontaal liggende capillair had een lengte van 249 tot 308 mM, de doorsnede bedroeg 0.5 mM. Uit 50 capillairen werden de drie bruikbaarsten uitgezocht. Voor de juiste inrichting van de proef zie men het origineel; ze leent zich niet voor een korte beschrijving. Voor de uitvoering zijn, behalve de experimentator nog twee geschoolde assistenten noodzakelijk.

Allereerst vroeg HÜRTHLE zich af of een doorstroomingstijd van 20 tot 30 seconden voor 't verkrijgen van betrouwbare waarden ook te kort was. Door vergelijkende experimenten met gedestilleerd water bleek dit niet het geval te zijn.

Daarna ging hij na of de hoeveelheid vloeistof, welke onder *rythmischen druk* van een bepaalde gemiddelde waarde door een capillair stroomt, even groot is als bij een gelijkblijvenden druk van dezelfde waarde. Uit zijn proeven volgde: *dat de Wet van Poiseuille ook geldt voor rythmischen druk*. De vraag, *of deze Wet ook geldt voor vloeistoffen, waarin vaste lichamen gesuspendeerd zijn*, kon hij op grond van zijn waarnemingen, evenals EWALD en LEWY, bevestigend beantwoorden, mits deze lichaampjes zeer klein zijn in vergelyk tot de doorsnede van de buis.

Tenslotte stelde hij vast, dat binnen 30 seconden het bloed geen verandering onderging, waardoor de viscositeit gewijzigd werd.

Er werden 12 bepalingen van k gedaan. De gemiddelde waarde was berekend uit de formule van POISEUILLE, zie pag. 13, niet te verwarren met de absolute η -waarde, verkregen uit de theoretisch afgeleide formule.

bij honden 1011 (6 waarnemingen)

„ katten 1128 (2 „)

„ konijnen 1461 (4 „).

Voor water bij 38° $k = 4788$ stellende vond HÜRTLE dus voor de *relatieve viscositeit* voor hondebloed 4.7

„ kattebloed 4.2

„ konijnebloed 3.3.

De kleinste waarde van k voor een konijn (1254) werd grooter gevonden dan de grootste voor een hond (1134). *De viscositeit van konijnebloed is dus ongetwijfeld kleiner dan van hondebloed.*

De waarden hebben slechts een betrekkelijke waarde, daar de viscositeit aan groote schommelingen onderhevig is.

Bij de bepaling van k bij honden, loopten de gevonden waarden bij hetzelfde proefdier opvallend weinig uiteen (het grootste verschil bedroeg 34.6) niettegenstaande den druk en de diameter van de capillair vrij wat verschilde (diam. 0.5—1.1 mM; druk 5—80 mM kwik). Hieruit volgt, *dat de Wet van Poiseuille ook voor het levende bloed geldt* en dat de waarnemingsfout bij de methode van HÜRTLE zéér klein is.

Tenslotte viel het HÜRTLE nog op, *dat de viscositeit van het bloed in den zomer blijikbaar iets grooter is dan in den winter.*

BOTTASSI (1898) werkte met het toestel van OSTWALD. Voor η van het serum van hondebloed vond hij bij 15° 2.0233, bij 39° 1.84. Na dubbelzijdige *nier-exstirpatie* bij 15° 2.0486, bij 39° 1.87.

Hoewel de *osmotische druk* van het serum na de exstirpatie hooger is, is de viscositeit weinig veranderd. „Im vergleich zu dem Proteinen des Serums, die keine bemerkenswerte Veränderung erlangt haben können, beeinflusst der Salzgehalt sehr wenig die Viscosität der Flüssigkeiten des tierischen Organismus.”

Verhooging van *temperatuur* vermindert in kolloïdale oplossingen de viscositeitcoëfficiënt relatief meer als die van gedistilleerd water en waarschijnlijk ook als die van zoutoplossing. De doorstroomingstijd van de vloeistof schijnt verband te houden met de daarin voorkomende proteïnstoffen.

Oplossingen van nukleoalbuminen en nukleoproteïnen hebben eene hoogere viscositeit dan de oplossing van de eigenlijke proteïnen. Als doorstroomingstijd van 8 % haemoglobineopl. vond hij bij $15^{\circ} 37'6''$. Bij verdunning van deze oplossing op de helft met een 2 % oplossing van K_2CO_3 daalde de uitstroomingstijd bij 15° tot $28'12.4''$ en bij 39° $15'12.2''$. Haemoglobine heeft dus een zeer geringe viscositeit, ofschoon het een zeer gecompliceerde proteïneverbinding is. Hij meent, dat het hierop berust, dat haemoglobine kristalliseerbaar is. Tenslotte vindt ook hij een duidelijk vertragenden invloed van de bloedlichaampjes op den doorstroomingstijd. (Ref. HENSLEY).

RUSSEL BURTON-OPITZ (1900), ging met de toestel van HÜRTHLE na, den invloed van de narcose, bloedonttrekking en voeding op de viscositeit. Vooreerst werden bij 2 konijntjes de viscositeit bepaald, daarop kregen ze $1\frac{1}{2}$ c.c. 2 % morphine-oplossing subcutaan en werden een half uur na de injectie met een mengsel van *chloroform* en *aether* in diepe narcose gebracht. Terwijl de waarden voor k voor de narcose 1307.7 en 1282.3 werd gevonden, waren deze er na 1283.7 en 1297.7. Deze narcose bleek dus van geen invloed op de viscositeit.

Bij *aderlating* bleek de viscositeit af te nemen, maar deze afname bleek noch evenredig met het bloedverlies, noch met het specifiek gewicht.

Bij proeven over den invloed der *voeding* bij honden kwam hij tot de volgende resultaten.

<i>Aard van de voeding.</i>	<i>Gemiddelde waarde van k.</i>	<i>Grootste afwijking van k tusschen de verschillende dieren.</i>
Voedselonttrekking	1106	9
Voeding met koolhydraten . .	950	27
„ „ vet	914	25
„ „ vleesch	724	145

Hieruit blijkt, dat de aard van de voeding van grooten invloed is; de viscositeit $\left(\frac{1}{k}\right)$ is het kleinst bij *voedselonttrekking*, het grootst bij *vleeschvoeding*.

Uit de tevens gedane bepalingen van het *specifiek gewicht*, bleek weer, dat wel in het algemeen spec. gew. en viscositeit parallel gaan, maar niet voor elk geval afzonderlijk.

Verder bleek, dat viscositeit van het *serum*, niet parallel gaat met die van het bloed. Speciaal werd bij vleeschvoeding geen hooge waarde voor de viscositeit van het serum gevonden, zoodat de invloed hiervan zich blijikbaar op de bloed-lichaampjes doet gelden.

Bij konijnen vond hij:

<i>Aard van de voeding.</i>	<i>Gemiddelde waarde van k.</i>	<i>Grootste afwijking van k.</i>
Voedselonttrekking	1263	95
Knollenvoeding	1454	51
Havervoeding	1257	87

De viscositeit is dus kleiner dan bij honden. Het eiwitrijke

haver doet de viscositeit toenemen; het groote watergehalte van knollen is toch de oorzaak dat daarbij de viscositeit klein is; terwijl bij voedselonttrekking de stofwisseling bij planteneters meer op die van carnivoren gaat gelijken. Het specifiek gewicht bleek ook hier weer in 't algemeen parallel te gaan met de viscositeit.

In een tweede artikel beschrijft hij zijn proeven met oxalaatbloed, met gedefibrineerd bloed en met bloedserum.

Eerst bepaalde hij bij een hond op zijn gewone wijze de viscositeit van het levende bloed. Daarop werd het dier door verbloeding gedood en het afvloeiende bloed voor een deel gedefibrineerd; aan een ander gedeelte werd per 100 cM³ bloed 2 cM³ 2 % kaliumoxalaat-oplossing toegevoegd; terwijl een derde deel in een cylinderglas bewaard werd voor het verkrijgen van serum. Hiermede werden viscositeitsbepalingen gedaan, wederom met de toestel van HÜTHLE, dat te dien einde iets gewijzigd werd. De sedimenteering werd zoo goed mogelijk verhinderd.

Met *oxalaatbloed* werd 1 proef genomen. De coëfficiënt k bleek 71 kleiner geworden te zijn, zoodat dus de viscositeit verhoogd werd gevonden. Het specifiek gewicht was tevens van 1.0614 tot 1.0629 gestegen. Verdamping was zoo goed mogelijk vermeden.

Gedefibrineerd bloed, waarmede proeven bij drie honden gedaan werden, gaf voor k een gemiddelde verhooging van 117. Deze verlaging van de viscositeit ging gepaard met een afname van het specifiek gewicht van gemiddeld 0,0012.

Na een dag staan bleek de viscositeit van het gedefibrineerde bloed weer verhoogd tot ongeveer als bij het normale bloed, terwijl toch het specifiek gewicht hetzelfde was gebleven.

Eindelijk deed hij nog proeven over den invloed van de

temperatuur. Hij gebruikte gedefibrineerd bloed dat 2 tot 3 uur oud was.

Er werden 3 reeksen van proeven genomen, waarbij de viscositeit telkens om de 5° C. bepaald werd tusschen 15° en 40° . Het resultaat was, dat de afname van de viscositeit tusschen deze temperaturen voor hetzelfde interval constant is. Voor bloed met hooge viscositeit bleek de coëfficiënt k voor hetzelfde interval iets minder toe te nemen (gemiddeld 79), dan bij bloed met lagere viscositeit (gemiddeld 105.5).

Het specifiek gewicht was van 1.0666, 1.0575 en 1.0573 bij 15° gedaald tot resp. 1.0581, 1.0540 en 1.0532 bij 40° .

HIRSCH und BECK (1900) construeerden een apparaat, dat in hoofdzaak ontleend was aan dat van OSTWALD.

Onderstaande figuur geeft het veel gebruikte toestel weer op $\frac{2}{3}$ van de natuurlijke grootte.

Met door venesectie verkregen bloed wordt het toestel gevuld van M tot N. Nadat het licht ingevette buisje V er opgezet is, wordt 't geheel door middel van een statief in een thermostaat geplaatst.

Daarop wordt het bloed opgezogen door middel van een gummislangetje tot boven x , en wordt daarop de verbinding met een luchtreservoir tot stand gebracht, waarin door middel van een dubbelballon de gewenschte druk verkregen wordt, die op een kwikmanometer wordt afgelezen.

Door het openen van een kraan werkt de druk op het bloed en stroomt dit door de capillair.

Als uitvloeïngstijd wordt gerekend de tijd, waarin het oppervlak van de bloedzuil zinkt van x tot x_1 , m. a. w. waarin het volumen xx_1 uitgestroomd is.

De proef kan herhaald worden tot het bloed stolt. De

inhoud van G is $\pm \frac{1}{2}$ cM³ de diameter van de capillair 0.25—0.35 m.M., de druk 400 m.M. water en de temperatuur 38°.

Voor de berekening gaan B. en H. uit van de formule

$$\eta = \eta_1 \frac{st}{s_1 t_1}.$$

De specifieke gewichten verwaarloozende wordt dit

$$\eta = \frac{t}{t_1} \text{ als } \eta_1 = 1 \text{ gesteld wordt.}$$

De ijking van het instrument geschiedt met aniline (spec. gew. bij 38° 1008)¹⁾, waarvan de viscositeit bij 38°, ten opzichte van water bij die temperatuur met het gewone apparaat van OSTWALD bepaald wordt.

De verkregen cijfers wisselden eerst in de 2^e decimaal.

Naast de viscositeit bepaalden H. en B. tevens het *spec. gewicht*.

Ze vonden een parallelisme tusschen deze twee binnen wijde grenzen, zooals trouwens verwacht werd,

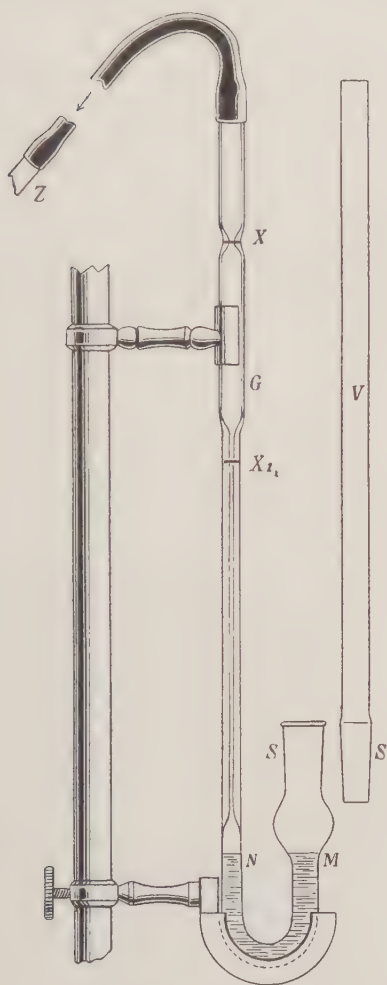


Fig. 4.

¹⁾ Dit getal voor het spec. gew. van aniline kan niet juist zijn.

immers gelijk spec. gew. kan gepaard gaan met een belangrijk verschil in de samenstelling van het bloed.

Als *gemiddelde waarde voor η* vonden zij bij 19 normale menschen met een spec. gew. van het bloed tusschen 1045 en 1055 bij 38° 5.1 (η voor water bij 38° = 1). De absolute waarde voor water is 0.00007, dus voor bloed gemiddeld 0.00035 ¹⁾.

In een tweede publicatie in 1902 berichten H. en B. over 24 gevallen van *albuminurie*. Hun resultaten waren:

1°. In de meerderheid der gevallen van *nephritis* bestond geen verhoogde viscositeit. De waarde voor η wisselde tusschen 2.52 en 5.04.

De in vele gevallen zeer lage viscositeit is te verklaren uit de hydraemie.

2°. In 3 gevallen (12.5 %) werd verhoogde viscositeit gevonden (η resp. 5.29, 5.91 en 9.21); in 1 geval van genuine schrompelnier het dubbele van de gemiddelde waarde, nl. 9.21.

3°. In dit laatste geval en in nog een ander werd de verhooging waargenomen na het uitbreken van *uraemische* verschijnselen.

4°. De harthypertrophie bij *nephritis* is niet afhankelijk van verhoogde viscositeit.

TROMMSDORF (1901) deed 35 viscositeitsbepalingen van bloed en serum bij menschen en verschillende diersoorten met behulp van een gewijzigden viscosimeter van OSTWALD bij 15° C.

Hij vond groote verschillen in de viscositeit van het bloed, minder groot in die van het serum. Als *optimum voor de voeding van het kikvorschhart* vindt hij een viscositeit van 1.5; waarbij natuurlijk de isotonie bewaard moet blijven.

¹⁾ Zie voor de absolute waarde van η voor water de noot op pag. 25.

JACOBI (1901) ging na of extract van bloedzuigerkoppes z.g. hirudine invloed kan hebben op de bloedviscositeit. De resultaten zijner waarnemingen komen overeen met de cijfers, die HÜRTLE gevonden had voor het onmiddellijk uit de arterie opgevangen bloed. *Toevoeging van hirudine verandert de viscositeit van het bloed dus niet.*

Bij vermeerdering van het aantal roode bloedlichaampjes vond hij een sterke toename van de viscositeit.

Hij overtuigde zich, dat gummi-oplossing van vrij hoog gummi-gehalte zonder merkbaren invloed intraveneus bij dieren geïnjecteerd kon worden. Dit vond hij ook bij injectie van bloed met een kunstmatig verkregen hoog gehalte van bloedlichaampjes. Zoo kon hij den invloed nagaan van de experimenteel opgewekte, verhoogde of verlaagde viscositeit op den *bloedsdruk*, de *hartswerking* en de *urinesecretie*.

Daartoe werden naast elkaar bepaald: de viscositeit van het bloed en van het serum, het aantal roode bloedlichaampjes, de bloedsdruk, de polsfrequentie en de diurese.

Deze proeven leerden, dat vermeerdering van het aantal bloedlichaampjes boven de norm, gepaard met een vrij groote verhooging van de viscositeit, leidt tot een geringe vermindering van de diurese en een kleine stijging van den bloedsdruk bij een onveranderd aantal polsslagen per minuut.

Het schijnt dus, dat de regulatoren van de circulatie aan de verhoogde inwendige wrijving tegemoet komen door verwijding van de stroombaan.

Na *aderlating* met onmiddellijk daaropvolgende injectie van serum, vond hij een verminderd aantal bloedlichaampjes, verlaagde viscositeit, vrijwel onveranderden bloedsdruk, geringer polsfrequentie en vermeerderde urinesecretie.

Nog sterker traden deze verschijnselen op bij *intraveneuse injectie van keukenzoutsolutie*.

JACOBI meent, dit zoo te moeten verklaren, dat door de verminderde viscositeit en de daardoor grootere stroomsnelheid de urinesecretie wordt bevorderd. De grootere snelheid, waarmede het bloed ook weer naar het hart terugkeert, zou de verlangzaming van de hartcontracties tengevolge hebben, zooals men dit kan waarnemen bij het geïsoleerde kikvorsch-hart bij snelleren toevoer langs de venen (Arch. für exp. Path. u. Pharm., Bd. 44, P. 393).

Tengevolge van het grootere slagvolumen zal de bloedsdruk dezelfde blijven, niettegenstaande den snellen afvloed uit het arterieel systeem. De vasoconstrictoren spelen hierbij wellicht ook een rol.

MAYER (1901) wees op de rol, die de viscositeit speelt bij de *osmotische processen*. Hij toonde aan, dat een successieve vermeerdering van de viscositeit van een vloeistof gepaard gaat met een successieve vermindering van zijn osmotische kracht. De viscositeit van een vloeistof is volgens dezen schrijver een kracht, die zich verzet tegen de werking van de osmotische spanning van de zouten, die er in opgelost zijn. Voor de kennis van de osmotische kracht van een vloeistof, moet men dus rekening houden, niet alleen met zijn osmotische spanning, berekend door middel van de vriespuntsdaling, maar ook met zijn viscositeit.

In overeenstemming met het bovenstaande blijkt volgens MAYER, dat ook de viscositeit van de omgevende vloeistof zich verzet tegen de plasmolyse van plantaardige cellen en de haemolyse van roode bloedlichaampjes.

Daartegenover staat, dat men in sommige pathologische toestanden b.v. bij *icterus*, en den cellulairen weerstand en de viscositeit verhoogd vindt.

In een groot aantal levensprocessen, b.v. bij de resorptie in den darm, doet zich de invloed van de viscositeit gevoelen.

De viscositeits coëfficiënt van de lichaamsvloeistoffen blijkt met een geringen uitslag om een constante te schommelen bij dezelfde species. Bij pathologische toestanden vindt men echter veranderingen. De verhoogde osmotische spanning is daarbij dikwijls gecompenseerd door vermeerderde viscositeit van het serum. Dit is onder anderen bij de meeste *infectieziekten* (typhus, diphterie) het geval.

De door MAYER geconstrueerde viscosimeter is een U-buis met aan beide uiteinden een kogelvormige verwijding, waarvan de eene hooger geplaatst is dan de andere. Het bloed wordt in het bovenste ballonnetje gebracht en de tijd gemeten, waarin het door de capillair in de onderste ballon vloeit. Als druk dient de zwaartekracht. Tot regeling van de temperatuur wordt een thermostaat gebruikt. Om de wanden te bevochtigen wordt, alvorens een meting te doen, het bloed eerst een maal door het apparaatje heengezogen.

Hij vond individueele verschillen in de *viscositeitscoëfficiënt van het serum* bij normale menschen en dieren. De gemiddelde waarde bedroeg

voor den mensch	1.56	voor het kalf	1.55
„ het varken	1.69	„ het paard	1.72
„ het schaap	1.70	„ den hond	1.56
„ het rund	1.77	„ het konijn	1.43

Het onderscheid tusschen de inwendige wrijving van het *plasma* bij de verschillende dieren wisselde sterker, dan van het serum.

Bij de onderzochte dieren schommelden ze tusschen 1.58 en 2.29.

Het serum werd 24 uren na de bloedsonttrekking gebruikt en

het plasma was verkregen, door bij 9 deelen bloed, 1 deel van een 3 % fluornatrium-oplossing te voegen en te sedimenteeren.

Hij toonde voor paarden- en hondenplasma aan, dat er geen volkomen parallellisme is, tusschen de waarde van η en het spec. gewicht en het *gehalte aan droge stof*.

KÜNDIG (1903) vond met het apparaat van HIRSCH en BECK na *lichtbaden* (54° tot 69°) bij 3 van 4 gevallen een verhoogde viscositeit, na *heetwaterbaden* (40° tot 41°) in 2 gevallen een afname daarvan.

LOMMEL (1904) ging den invloed van zweetkuren (68° tot 75°) op de viscositeit na. Hij vond bij *gloeilichtbaden* bijna zonder uitzondering een toename van de viscositeit tot 27.1 %.

Het getal roode bloedlichaampjes nam toe van 8.4 tot 11 %.

Als oorzaak van deze twee verschijnselen neemt hij het belangrijke waterverlies tengevolge van het zweeten aan.

Bij *heete waterbaden* (40° tot 41°) vindt hij de viscositeit zoowel als het aantal roode bloedlichaampjes nu eens verhoogd, dan weer verlaagd.

Procentsgewijze zijn de verschillen ook lang zoo groot niet als bij de gloeilichtbaden (voor de visc. — 13.7 tot + 8.7 % en voor het aantal roode bloedlichaampjes — 15.7 tot + 10.2 %).

Hij schrijft dit toe aan het minder energische van dit procédé, waardoor de individueele regulatie beter zijn werking doet gelden.

WEBER en WATSON (1904) berichten naar aanleiding van een geval van *polycythaemie met miltvergrooting* over proeven, waarbij hun den grooten invloed van de roode bloedlichaampjes op de viscositeit duidelijk werd.

FERRAI (1904) bevestigde, dat de viscositeit van *bloedserum*

niet merkbaar verandert bij behandeling met *koolzuur*. Koolzuurrijk *bloed* daarentegen heeft een belangrijk hooger, menigmaal zelfs dubbel zoo hooge viscositeit dan arterieel bloed. Nadat een zeker maximum bereikt is, blijft de viscositeit bij verderen CO_2 -doorvoer constant. Door O-doorvoer kan men de viscositeit langzamerhand weer doen afnemen.

MÜLLER und INADA (1904) gingen den invloed van *joodkali* op de viscositeit na. Er werd aan 12 proefpersonen gedurende tien tot veertien dagen 1 à 1.5 gr. JK per dag gegeven. De viscositeit bleek in 2 gevallen niet veranderd, bij 10 personen was deze 0.48 tot 8.3 % lager geworden. De viscositeit van het serum was nu eens iets verhoogd, dan weer iets verlaagd, zonder dat daarbij eenige regelmaat te ontdekken viel.

BECK (1904) bevestigt het parallellisme tusschen den viscositeitscoëfficiënt eenerzijds en het *spec. gewicht* en het aantal *roode bloedlichaampjes* anderzijds. Uit het laatste zou echter niet volgen, dat het juist de bloedlichaampjes zijn, die den grootsten invloed op de inwendige wrijving hebben; veel meer schrijft hij dit toe aan *fibrine* en *kolloïden*.

Hij is de meening toegedaan, dat bloedlichaampjes en dergelijke corpusculaire elementen weinig invloed op de viscositeit uitoefenen, wat hij besluit uit een verschijnsel, dat men gemakkelijk bij eene oplossing van kolloïden kan waarnemen.

Het blijkt, dat een 0.5 % oplossing van albumose en een 10 % oplossing van pepton in verschen toestand dezelfde viscositeit bezitten als na eenigen tijd, wanneer ze troebel zijn geworden.

RUSSEL BURTON-OPITZ (1904). Bij 2 honden met *sterk vergroote schildklieren* vond hij een lage viscositeit, gemiddeld

3.7 (normaal 5.0 tot 5.5). Het spec. gewicht was in beide gevallen laag. De *stollingstijd* bedroeg resp. 28 en 20 min. Deze zou in omgekeerde verhouding staan tot de viscositeit, m. a. w. *hoe kleiner de viscositeit, des te langer de stollingstijd*. Bij intraveneuse injectie van schildklierextract vond hij een verhoogde viscositeit. Totale exstirpatie wordt daarentegen niet altijd door een verminderde viscositeit gevolgd. Wellicht is dit echter het gevolg van aanwezigheid van accessoire schildklieren. Door *intraveneuze injectie van gedestilleerd water en van keukenzoutoplossing* neemt de viscositeit van het bloed af. Hij voegde daarop aan de bovengenoemde vloeistoffen 10 tot 60 % *alcohol* toe en wendde ze daarop aan, deels intraveneus, deels in de door operatie vrijgelegde maag resp. duodenum. Bij al deze proeven, maar vooral bij aanwending in maag of duodenum volgde een toename der viscositeit. Ze steeg b.v. in 1 geval bij aanwending van 30 c.M³ van een 60 % alcohol-oplossing van 4.95 op 5.71. In 5 tot 10 min. was de maximale werking verkregen, terwijl na 30 tot 35 min. er nog geen verdere verandering van de viscositeit was opgetreden. (Ref. HENSLEY).

In 1905 deed hij proeven over den invloed van *narcose* op de viscositeit van het bloed bij 8 honden. De gemiddelde waarde bedroeg 5.5. Bij toediening van matige hoeveelheden van morphine en aether of morphine en chloroform bleek de viscositeit bij lichte iets kleiner dan bij diepe narcose. Het onderscheid is echter buitengewoon gering, b.v. 4.7 bij lichte en 5.0 bij diepe narcose.

Het spec. gewicht verandert bij aethernarcose parallel aan de viscositeit; bij chloroformnarcose is juist het omgekeerde het geval, waaruit volgt, dat het *spec. gewicht geen maatstaf is voor de viscositeit*.

In 1905 ontbrandde de *strijd tusschen Heubner enerzijds en Hirsch en Beck anderzijds*, in hoofdzaak over de vraag of het bloed in de capillairen behalve de inwendige ook nog een uitwendige wrijving te overwinnen heeft. HEUBNER trachtte aan te toonen, dat de wet van POISEUILLE niet algemeen geldig is, en dat men de vloeistoffen niet mag scheiden in dezulke, welke den wand bevochtigen en in die, welke dat niet doen. Het verschil zou alleen quantitatief zijn, afhankelijk van de cohesie van de vloeistofdeeltjes onderling en van de adhaesie hiervan tot den wand.

Terecht merken HIRSCH en BECK op, dat waar LEWY voor gedefibrineerd en HÜRTHLE voor levend bloed overtuigend hebben bewezen, dat de wet van POISEUILLE ook voor bloed geldt, daaruit onmiddellijk volgt, dat bloed den glaswand bevochtigt. Hieruit volgt verder, dat de wandlaag zich in rust bevindt, m. a. w. dat er van uitwendige wrijving geen sprake is; immers alleen voor vloeistoffen waarbij dit het geval is, waar dus de beweging een lineaire is, geldt de wet van POISEUILLE.

Dat het bloed ook den vaatwand bevochtigt, daarvan hebben HIRSCH und BECK zich overtuigd aan den stand van het bloed in de aorta bij een pas gedood konijntje. Het bloed vormde namelijk een holle meniscus, dat wil dus zeggen de typische meniscus voor vloeistoffen, die den vaatwand bevochtigen.

COUETTE heeft verder de vraag of trots bevochtiging van den wand, niet nog een schuivende beweging van de vloeistof langs dien wand plaats had en dus met de uitwendige wrijving en den aard van de capillair rekening diende gehouden te worden, op afdoende wijze ontkennend kunnen beantwoorden.

Het ligt voor de hand, dat de eenvoudige betrekking

tusschen stroomsnelheid en viscositeit tijdens het experiment niet overgebracht mag worden op het bloedvaatsysteem, met zijn talloze vertakkingen en de daardoor veroorzaakte zijdelingsche stroomingen en wervelbewegingen.

Reeds aan POISEUILLE was gebleken door proeven, waarbij hij serum door organen als lever en nieren liet stroomen, dat toevoeging aan dit serum van stoffen als salpeter en alcohol belangrijk grooter invloed hadden op den weerstand in het vaatsysteem dan in glascapillairen.

Alle dergelijke overwegingen nemen echter niet weg, dat vaststaat:

1°. dat het bloed den vaatwand bevochtigt.

2°. dat met behulp van de wet van POISEUILLE en de daarop gegronde methoden de viscositeitscoëfficiënt van het bloed bepaald kan worden.

In zijn dupliek beweert HEUBNER, dat het nooit zijn bedoeling geweest is te beweren, dat men de viscositeit van het bloed met behulp van de wet van POISEUILLE in een glascapillair niet zou kunnen bepalen, en dat het bloed den vaatwand niet bevochtigt. Alleen schijnt hem de kennis van de viscositeitscoëfficiënt van ondergeschikt belang, zoolang men nog moet aannemen, dat een verhooging van de inwendige wrijving *waarschijnlijk* en niet *noodzakelijk* een verhooging van den bloedsdruk tengevolge moet hebben.

Het wil mij voorkomen, dat deze mogelijkheid reeds voldoende grond zou zijn om te trachten een inzicht in dit vraagstuk te krijgen.

Tenslotte zij nog uit de zeer lezenswaardige artikelen van HEUBNER vermeld, dat hij er op wijst, dat POISEUILLE wel analogie vond in de werking van verschillende zouten op de doorstroomingssnelheid van serum door glascapillairen,

door de vaten van lever, nier en pooten van dieren en op die van het bloed door het circulatie-apparaat van een paard, maar dat er quantitatief zeer groote verschillen werden waargenomen.

Zoo bedroeg de versnellende werking van een 1 % salpeter-oplossing in serum in glascapillairen 3.9 %, in bloedvaten 19.3 %; een 4 % opl. van natriumacetaat in glascapillairen 1.6 % en een van 1.33 % in bloedvaten 16 %.

1 % alcohol-oplossing vertraagde de strooming in glascapillairen 0.7 %, $\frac{1}{2}$ % alcohol in bloedvaten 18.8 %.

J. BREITNER (1905) vond bij personen die 2 tot 3 dagen een eiwitkoolhydraat of vetrijk *dieet* gehad hadden, geen regelmatige verandering in de viscositeit, bepaald naar de methode van HIRSCH en BECK. Hij concludeert: dat dieet-verandering bij menschen, wanneer deze binnen de gebruikelijke grenzen blijven, geen invloed op de viscositeit hebben.

Bij *cyanotische hartlijders* vond hij de viscositeit verhoogd tot zelfs 27 tot 50 %; terwijl hij bij gezonden waarden vond van 4.0 tot 6.0, vond hij in 10 gevallen van cyanose waarden tusschen 5.3 tot 15.9.

KORÁNYI en BENEC (1905) bepaalden de waarde van gedefibreerd varkensbloed volgens de methode van HIRSCH en BECK.

Ze vonden de grootste viscositeit, wanneer het bloed zoo veel mogelijk *koolzuur* bevatte. Wanneer men door zuurstof het koolzuur uitdrijft, neemt de viscositeit tot een zeker minimum af, om bij verderen zuurstoftoevoer weder toe te nemen. Ze schrijven dit hieraan toe, dat het koolzuurrijk bloed door de H-ionen van het H_2CO_3 kathodisch geladen is. Wordt nu het koolzuur uit het bloed verwijderd, dan neemt de lading van de bloedlichaampjes langzamerhand af en

tevens daalt de viscositeit. Bij verdere afname van het koolzuurgehalte komt de oorspronkelijke anodische lading van de bloedlichaampjes weer te voorschijn.

Hiermee neemt dan tevens de viscositeit van het bloed weder toe. Tevens bleek hun, dat met het gehalte aan roode bloedlichaampjes de viscositeit stijgt. En dat de viscositeit des te sterker beïnvloed wordt, naarmate het *volumen van de afzonderlijke bloedlichaampjes* grooter is. Verder meenen zij niet te kunnen uitsluiten: „dass die Viscosität des Blutes mit zunehmender Konzentration des Serums ebenfalls zunimmt, wenn auch die Viscosität des reinen Serums durch Kohlensäure nicht beeinflusst wird.” (Ref. HENNSLER).

FANO et ROSSI (1905). De viscositeit van *runderserum* en van een isovisceuse *eiwitoplossing* wordt door toevoeging van *chloornatrium* of *glucose* niet merkbaar veranderd. Daarentegen wordt de viscositeit van isovisceuse *stijfsel* en *gummioplossing* daardoor belangrijk minder. Een mengsel van de beide eerste vloeistoffen is zelfs minder visceus dan die van de met hetzelfde volumen water verdunde componenten. Mengsels, die uit gelijk deelen van beide genoemde groepen bestaan, geven tusschenliggende waarden. Over bepaalde grenzen verdunde oplossingen van de tweede groep ondergaan bij vermenging geen veranderingen in de viscositeit meer. Daar de viscositeit van het serum bij verdunning met water op dezelfde wijze afneemt als die van een isovisceuse gummioplossing, is aan een „Selbstregulierung” van de viscositeit door het serum niet te denken.

Een sterk verdunde gummi-oplossing verandert door toevoeging van keukenzout of glucose niet van viscositeit; toch bleek door het experiment, dat de geringe concentratie niet

de oorzaak is van de verhouding van serum tegenover dergelijke oplossingen. De viscositeit van een gummi-oplossing, die door toevoeging van glucose haar laagste waarde bereikt heeft, daalt nog meer bij verdere keukenzouttoevoeging, niet echter omgekeerd. Toevoeging van droogrest van serum, waaraan het eiwit is onttrokken, geeft aan gummi-oplossingen de eigenschap zich tegenover chloornatrium en glucose juist zoo te gedragen als bloedserum, de viscositeit neemt daarna niet meer af. Omgekeerd gedraagt zich gedialyseerd serum als gewone gummi-oplossing, van een dergelijk serum wordt namelijk de viscositeit geringer door toevoeging van keukenzout en glucose.

De conclusie is dus gerechtvaardigd dat het bovengenoemde onderscheid tusschen serum en gummi-oplossing berust op de dialyseerbare bestanddeelen. (Ref. Folia haemat. II. Jahrg. Heft I, 1905).

ROSSI (1905). De doorstroomingstijd van *serum* neemt van 30° — 44° van 10 tot 12" voor elke 2 graden af. Van 44° tot 56° daarentegen in steeds mindere mate, daarna neemt ze weder toe. Bij 44° gedraagt het serum zich juist zooals een isovisceuse gummi-oplossing. Bij hooger temperatuur wijkt zij daar weer van af, waarschijnlijk tengevolge van aan de coagulatie voorafgegane processen.

De veranderingen in den *electrischen weerstand* verliepen parallel aan die van de viscositeit. (Ref. Folia haemat. II. Jahrg. Heft I, 1905).

FANO et ROSSI (1906). De viscositeit van bloedserum bij normale honden verandert niet door wegname van de glandulae parathyroideae. *Exstirpatie van de schildklier* alleen, bij honden en konijnen, resp. van de schildklier en *nevenschild-*

klieren van een hond gaven een verhoogde viscositeit van het bloedserum, ook wanneer de symptomen van kactexia strumipriva niet optraden. Werd alleen de schildklier weggenomen, dan was de toename van de viscositeit groter dan bij wegname van schildklier en nevenschildklieren te samen. Hij acht het waarschijnlijk, dat de toename van de viscositeit na thyreoïdektomie samenhangt met de daarbij optredende belangrijke opname van het serumkolloïd. (Ref. Folia Haemath. III. Jahrg. Heft IV, 1906).

RUSSEL BURTON-OPITZ (1906). Door bij honden buikvliesontsteking op te wekken, ging hij den invloed na van *verhoogde lichaamstemperatuur* op de viscositeit. Deze bleek eerder toe dan af te nemen. Viscositeit en spec. gewicht stonden in omgekeerde verhouding tot elkaar. Om den invloed van de roode bloedlichaampjes na te gaan, vernietigde hij een deel daarvan bij 4 honden, door toediening van *phenylhydrazine*. De inwendige wrijving bleek in alle 4 gevallen verhoogd, niettegenstaande het getal roode bloedlichaampjes sterk was verminderd. In alle 4 gevallen was het spec. gewicht zeer gering in verhouding tot de viscositeit, waaruit weer volgt, dat het spec. gewicht geen maatstaf is voor de viscositeit. (Ref. HENSLEY).

RUSSEL BURTON-OPITZ (1906—1907). Bij 9 proeven op honden bleek de viscositeit in een *warm waterbad* (43°) kleiner, in een *koud* (22°) groter te worden. Het specifieke gewicht ging hiermee parallel. *Warme luchtbaden* (60°) gaven een verhooging van viscositeit en spec. gewicht. De veranderingen bij de laatste waren niet zoo sterk en traden niet zoo spoedig op als bij de waterbaden.

Intraveneuse injecties van kleine hoeveelheden geconcentreerde *dextrose*-oplossing bij honden gaven een zeer geringe verhooging van de viscositeit. Bij groote hoeveelheden daalde deze weder. De grootste afwijking van de norm vindt men direct na de injectie.

Penseelen van de pancreas met *adrenaline* gaf hyperglykämie en een onbeduidende verhooging van de inwendige wrijving. (Ref. Folia Haemat. III, 4; IV, 5).

BENCE (1906) vergeleek met den toestel van HIRSCH en BECK den invloed van toevoeging van *hirudine* op de viscositeit; het bleek dat dit geen invloed had. Daarop werden 27 normale personen onderzocht en als gemiddelde waarde voor η gevonden 5.4.

Dan stelde hij zich de vraag of de viscositeit van het bloed bij toenemend *koolzuurgehalte* ook in vivo evenzeer toeneemt als in vitro en of eventueele toename door *zuurstofinhalaties* weer zou verdwijnen.

Bepalingen bij 7 *cyanotische patienten* gaven een belangrijk verhoogde viscositeit (minimum 6.76; maximum 8.2), nl. 25—52 % boven het gemiddelde. De verhoogde veneusiteit van het bloed is dus niet alleen het gevolg van hartinsufficiëntie, maar ze zal deze ook nog vermeederen door den verhoogden weerstand in de peripherie, die er het gevolg van is. In de beschreven gevallen zou het hart c.p. 25—52 % meer arbeid te verrichten hebben, tengevolge van de hoogere viscositeit. Nu neemt echter bij stuwung ook het aantal roode bloedlichaampjes toe, wat verklaard wordt door uit-treding van vloeistof uit de vaten in de omliggende weefsels. Is dat inderdaad het geval, dan zal ook de vernauwing van de vaten optreden, wat op haar beurt weer verhooging van

den weerstand geeft, die door het hart moet worden overwonnen. Uit een therapeutisch oogpunt ging BENCE bij deze patienten den invloed van *zuurstofinhalaties* na. De waarde van η daalde van 0.6 tot 1.65. Dat wil dus zeggen, dat 27.2 tot 71.7 % van het verschil tusschen η van deze patienten en de gemiddelde waarde van η , m. a. w. van de overbelasting voor het hart, door de zuurstofinhalaties verdween. Voorwaar een belangrijk resultaat, temeer waar tevens ook weer het aantal roode bloedlichaampjes daalt (Kovács), vloeistof uit de weefsels in de vaten terugkeert en de vaten zich verwijden.

In een geval van *polycythaemie met milttumor* werd voor η gevonden 16—20 en bedroeg het aantal roode bloedlichaampjes $\pm 10.000.000$. Na zuurstofinademing daalde η van 1.2 tot 3.6.

BENCE ging verder na aan gedefibrineerd varkensbloed, of 1°. het met koolzuur verzadigde bloed bij waterstofdoorvoer onveranderd bleef, immers in dat geval zou de hooge η -waarde van koolzuurrijk bloed niet het gevolg van het koolzuurgehalte, maar van het gebrek aan zuurstof zijn en 2°. of in geval de viscositeit van met koolzuur verzadigd bloed door waterstofbehandeling verminderde, of dit dan in dezelfde mate het geval was als bij zuurstofdoorvoer.

Het resultaat was, dat niet de afwezigheid van zuurstof, maar de aanwezigheid van koolzuur de verhooging van de viscositeit tengevolge had. De viscositeit van met zuurstof verzadigd bloed werd hooger als de zuurstof door waterstof uitgedreven werd.

Om een minimum graad van viscositeit te bereiken, is het dus noodig, dat de uitdrijving van koolzuur door middel van zuurstof plaats heeft. Zuurstof werkt niet alleen als koolzuur-uitdrijvende kracht, maar bezit zelf de eigenschap de viscositeit te verminderen.

Bij 7 patienten met *nephritis* werd de viscositeit bepaald, in één geval was η normaal, in de 6 overigen verlaagd. De waarde van η varieerde tusschen 4.02 en 5.4. Bij twee gevallen zonder oedemen, maar met uraemische verschijnselen was η resp. 4.12 en 4.02.

Proeven met verschillend *dieet* leiden tot de conclusie, dat de invloed van verschillende voedingsstoffen, binnen de grenzen waarbij de samenstelling van spijsen mogelijk zijn, geen invloed op de viscositeit van het bloed hebben. In 11 gevallen werd naast het gedefibrineerde en het normale bloed tevens de viscositeit van het *serum* bepaald. Bij 4 er van was 15—18 uur voor de bepaling alle voedsel onthouden, 3 hadden gedurende 3 dagen een eiwitdieet gehad, 1 een koolhydratendieet; één patient leed aan *nephritis interst. chron.* met uraemische verschijnselen en één was cyanotisch. Toch liep de viscositeit van het serum slechts uiteen van 1.78 tot 2.09. De viscositeit van het serum heeft dus weinig directen invloed op de totale viscositeit, een indirecte invloed door osmotische processen tusschen serum en roode bloedlichaampjes is wel aan te nemen.

Een *aderlating*, gevolgd door een *injectie met physiologische zoutoplossing* deed het aantal roode bloedlichaampjes dalen van 5.2 tot 2.8 millioen, de viscositeit daalde van 4.84 tot 2.84.

Dat de roode bloedlichaampjes de viscositeit beïnvloeden, niet alleen door 't aantal, maar ook door hun *physische eigenschappen* bewijst de volgende waarneming:

	η serum	η bloed
Onveranderd serum	1.99	5.62
Serum na doorvoer van CO ₂ . . .	1.99	—
Serum uit te voren met CO ₂ behandeld bloed	1.98	7.55

De verhoogde viscositeit van het bloed in tegenstelling met het serum moet berusten op *wateropname door de roode bloed-lichaampjes*, die daardoor zwellen.

Du PRÉ DENNING en WATSON (1906) gebruikte capillairen van den vorm als hieronder is afgebeeld. Het langste been is 6 c.M., 't andere 2 c.M. lang. In dit laatste is eene bolvormige verwijding. Om de waarneming op lichaamstemperatuur te doen, halen zij het buisje eenige keeren door een spiritusvlam en geven het dan den patient in de hand. Daarop wordt na reiniging van het oorlelletje hierin een sneedje gegeven en het uitdruppelende bloed in de verwijding boven aan 't lange been opgevangen. Het loopt dan door de capillair en nu wordt de tijd gemeten, waarin het bloed loopt van m' tot m'' uitgaande van de veronderstelling, dat verwaarloozing van het soortelijk gewicht geen grooter fout dan 1 % geeft, wordt de formule $\eta_1 = \frac{\eta_2 t}{t_2}$, waarin η_1 de gezochte viscositeitscoëfficiënt van het bloed, η_2 die van water, t de doorlooptijd van bloed en t_2 die van water is.

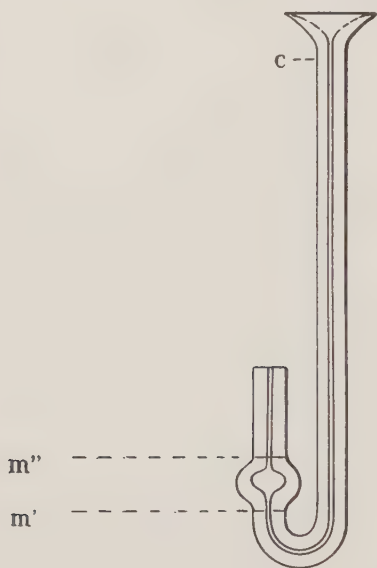


Fig. 5.

Bovenstaand toestelletje hadden zij voor zuivere klinische doeleinden geconstrueerd; oorspronkelijk gebruikten zij een meer gecompliceerd apparaat, waarbij temperatuur en druk

beter konden geregeld worden. De resultaten van hunne uitvoerige onderzoekingen vatten zij aldus samen.

I. De afname van de viscositeit voor iederen graad *temperatuurstijging* is minder sterk bij plasma dan bij bloed.

II. Hoe minder *roode bloedlichaampjes* het bloed per c.M³. bevat, des te geringer is de afname.

III. Bij een bepaalde temperatuur geeft de toename van het aantal bloedlichaampjes een toename van de viscositeit, waarbij valt op te merken, dat voor wijde buizen een zeer sterke toename van het aantal bloedlichaampjes noodig is om eenig noemenswaard effect daarvan te zien; terwijl bij nauwe capillairen reeds een geringe stijging van het aantal bloedlichaampjes een belangrijke toename van de viscositeit ten gevolge heeft.

IV. Bij een bepaald getal bloedlichaampjes is de doorstromingssnelheid door een bepaalde capillair met een grooter doorsnede dan 3 m.M. evenredig met den *druk*, voor zoover deze blijft binnen de grenzen van den druk van het levend organisme.

V. Toename van den druk geeft veel grootere versnelling bij enge dan bij wijde capillairen.

VI. Het effect van drukverhooging is iets geringer voor bloed bij koortstemperatuur dan voor hetzelfde bloed bij lagere temperatuur.

VII. De invloed van den druk is des te grooter, naarmate het bloed meer bloedlichaampjes bevat.

VIII. Sommige chemische reagentia verhoogden, anderen verlagen de viscositeit.

Bij gebruik van bovenstaande viscosimeter vonden zij bij 5 gezonde personen waarden tusschen 4.82 en 5.62. Bij 3 gevallen van chlorose tusschen 2.14 en 3.60, en in 4 ge-

vallen van polycythaemie, tezamen met F. P. WEBER, waarden tusschen 6.50 en 11.80.

BORELLI et DATTA (1906). Voor het normale *serum* is de gemiddelde waarde van $\alpha = 2$, deze waarde is recht evenredig met het gehalte aan *albuminen* en het *specifiek gewicht*. Bij *anaemie* is α kleiner als normaal, evenzoo bij *febris typhoidea*, *erisipelas* en *pneumonie*, ook bij *acute en chronische nephritis*, maar bij *uraemie* wordt α hooger.

Voor *foetaal bloed* is α gemiddeld = 1,5 bij een gemiddeld albuminegehalte van 6 %.

(Ref. Fol.-Ser.).

DETERMANN (1906) stelt vast een zeker parallellisme tusschen *specifiek gewicht* en viscositeit, dat echter alleen binnen wijde grenzen geldt.

Hetzelfde geldt ten opzichte van het *haemoglobinegehalte* en van het *aantal roode bloedlichaampjes*, behalve bij leukaemie.

In den strijd tusschen HEUBNER en HIRSCH en BECK staat DETERMANN aan de zijde van de laatsten. Hij meent echter een andere bron voor verkeerde conclusies gevonden te hebben. Hij wijst erop, dat de menschelijke en dierlijke capillairen zoo eng zijn in verhouding tot de bloedlichaampjes, dat het passeeren van meerdere erythrocyten naast elkaar niet mogelijk meer is, maar de een de ander ter zijde zal dringen.

Waar echter, zooals LEWY heeft aangetoond, slechts $\frac{1}{14}$ van den totalen bloedsdruk door de eigenlijke capillairen verbruikt wordt, hebben we in hoofdzaak rekening te houden met de resteerende $\frac{13}{14}$, die in de kleine en kleinere arteries verbruikt worden, waar de gemiddelde doorsnede zonder een al te groote fout te maken wel op ± 0.5 m.M. geschat mag

worden. Maar buitendien, gesteld dat deze redeneering foutief is, dan zal zooals ook DETERMANN zegt, het toch altijd nog van waarde zijn de viscositeitscoëfficiënt voor bloed op zich zelf te berekenen, onafhankelijk van de vele invloeden, die in het lichaam zelf een rol spelen, als vasomotorische werkingen, elasticiteit van de vaten, weefseldruk enz. Terecht zegt DETERMANN: „Wenn wir vorläufig auch noch nicht die im Glaskapillairversuch gefundenen Viskositätswerte ohne weiteres auf den lebenden Organismus übertragen dürfen, so bietet uns doch ihre Kenntnis eine Verbreiterung der Grundlage zur Beurtheilung der hämodynamische Verhältnisse.

Bij vergelijkende proeven tusschen normaal en door bevroren en weer opdooven *gedestruerd bloed*, bleek het laatste steeds een hoogere viscositeit te hebben dan het eerste. DETERMANN concludeert daaruit, dat het dus wel niet aan te nemen is, dat de gesuspenderde bloedlichaampjes een vertragenden invloed op het plasma hebben. Deze conclusie is natuurlijk onjuist; 1^o. zou de laatste vraag alleen uit te maken zijn door vergelijking van plasma alleen met plasma + bloedlichaampjes. 2^o. houdt hij geen rekening met de stromata, die waarschijnlijk meer wrijving geven dan de gladde bloedlichaampjes.

De eenige mogelijke gevolgtrekking, die hij dan trouwens later ook maakt is, dat de roode bloedlichaampjes zeer viskeuse stoffen bevatten, die bij het destrueeren in het plasma terecht komen. Als steun voor deze beschouwing wijst hij nog op een geval van *haemoglobinaemie*, na chininegebruik bij malaria, waarbij op het hoogtepunt van de verschijnselen het onderscheid tusschen de viscositeit van beide bloedsoorten slechts 1 % bedroeg. De viscositeit zou dus ten deele afhankelijk zijn van de osmotische spanning tusschen plasma en bloedlichaampjes, en de individueele viscositeitsverschillen en

afwijkingen tijdens verschillende ziekte-toestanden zouden wellicht berusten op verschil in resistentie van de roode bloed-lichaampjes. Zeker is, dat door verhooging van de viscositeit bij overigens gelijkblijvende factoren (drijfkracht, weerstand enz.) de bloedsdruk stijgt.

Dat naast de isotonie ook de *isoviscositeit* van de erdoor stroomende vloeistof voor het hart van belang is, werd voor het kikkorschenhart aangetoond door HEFFTER, ALBANESE en TROMMSDORF. HEUBNER vond de electrische prikkelbaarheid en levensduur van konijnespieren na den dood van het individu, afhankelijk van de viscositeit van de omspoelende vloeistof. ANDRÉ MAYER toonde het gewicht van de viscositeit voor het zuiver physisch verschijnsel der osmose aan.

Dat het BENCE niet gelukt was bij menschen viscositeitsverschillen te vinden afhankelijk van *de voeding* schrijft DETERMANN toe aan de korte duur van de proefnemingen.

Hij ging de viscositeit van het bloed na bij vegetariërs en bij vleescheters en vond bij de eersten een vrij wat kleiner viscositeit dan bij de laatsten (gemiddeld 4.32 : 4.85).

Een proef om verschil in viscositeit tusschen *arterieel en veneus bloed* aan te toonen, waartoe hij het bloed uit de vene jugularis en de carotis van een konijntje nam, leverde geen noemenswaardig onderscheid. Bij menschen bleek het bloed uit een vene iets viskeuzer te zijn, dan 't *capillairbloed* uit het oorlelletje. Door *stuwing* kon de inwendige wrijving in een geval tot bijna het dubbele van de oorspronkelijke waarde gebracht worden (4.63 en 8.83). De toename ging parallel met den graad en den duur van de stuwing.

DETERMANN gebruikte den viscosimeter van HIRSCH en BECK in eenigszins gewijzigden vorm. Het volgende jaar gaf hij er een geheele nieuwe constructie aan. Een belangrijke verbetering

bij het onderzoek was zijn methode om *hirudine in droogen vorm* toe te passen. Nadat HAYCRAFT het bestaan van een de stolling van het bloed tegengaande stof in den mond en pharynx van den bloedzuiger had aangetoond, was het FRANZ, die deze stof, het *hirudine*, isoleerde.

DETERMANN vond, dat 0.00002 — 0.00005 gr. *hirudine* voldoende is om in 1 c.M³. bloed van een konijn de stolling gedurende $\frac{1}{2}$ —1 uur tegen te gaan. Voor menschenbloed is de duur iets korter. Door intravasculaire injectie van 0.002 gr. bij een konijn wordt diens bloed gedurende $\frac{1}{2}$ uur onstolbaar.

BODONG en CAPOSI en MÜLLER en GRÄF hebben voor eenige eigenschappen van het bloed bewezen en voor andere waarschijnlijk gemaakt, dat *hirudine het bloed niet wezenlijk verandert*, afgescheiden natuurlijk van de stolbaarheid.

DETERMANN kon dit bevestigen ten opzichte van de viscositeit, het specifiek gewicht, het haemoglobinegehalte en het getal roode en witte bloedlichaampjes.

Als *gemiddelde relatieve viscositeitscoëfficiënt* vond hij bij 20 gezonde mannen 4.798 (5.54—4.16) bij 9 gezonde vrouwen 4.516 (5.2—4.05). Hij wijst er op dat men aan deze cijfers geen te groote waarde mag hechten, 1^o. om het kleine aantal onderzoekingen en 2^o. dat rekening moet gehouden worden met allerlei factoren als beroep, lichaamsgrootte, menstruatie, enz.

Bij een krachtige vrouw vond hij vóór de *menstruatie* 5.16 en 5.15, er na 5.20, terwijl het aantal roode bloedlichaampjes gedaald was van 6.2 tot 5.3. Op *verschillende tijden van den dag* blijkt de viscositeit niet dezelfde te zijn; 's morgens bij nuchtere maag en 's middags na den maaltijd, bleek er bij 7 personen een verschil te bestaan, wisselende tusschen — 0.86 en + 0.82.

Onderzoekt men de viscositeit op *verschillende dagen* dan vindt men ook niet onbelangrijke verschillen.

Matige spierarbeid schijnt nu eens positief, dan weer negatief te werken. *Zware arbeid*, vooral wanneer ze met zweeten gepaard gaat, verhoogt de viscositeit.

Uit al het bovenstaande volgt dus, dat kleine verschillen in de waarde van η al heel weinig zeggen, wanneer niet zorgvuldig alle omstandigheden zoo gelijk mogelijk zijn gehouden.

Bij *bloedziekten* vond D. de viscositeit in overeenstemming met het spec. gew., het haemoglobinegehalte en het aantal bloedlichaampjes. Bij *leukaemie* werd een hooge viscositeit gevonden in overeenstemming met het groote aantal witte bloedlichaampjes. In een geval van *polycythaemie* was de waarde van η sterk verhoogd.

Bij eenige *hart- en vaatziekten* werd een in verhouding tot het aantal erythrocyten, het spec. gew. en het haemoglobinegehalte lage viscositeit aangetroffen. D. vraagt zich af, of we hier misschien te doen hebben met een „Selbstregulierung des Organismus.”

Bij enkele andere met name genoemde ziekten vond hij geen afwijkingen ten opzichte van de inwendige wrijving.

Nierziekten komen hieronder niet voor. In 1 geval van *diabetes mellitus* met 6 % glucose vond hij de viscositeit verhoogd.

Zijn slotconclusie bij dit gedeelte van zijn werk is, *dat afgezien van de ziekten van het bloed zelf, men niet kan zeggen, dat bepaalde ziekten met bepaalde afwijkingen van de viscositeit samengaan.*

Hij besluit zijne belangrijke studie met den invloed na te gaan van fysisch-therapeutische ingrepen.

Koude baden geven verhoogde viscositeit, mits er een goede

reactie gekomen is. Hiermee in overeenstemming is de toename van de 3 andere reeds meermalen genoemde bloedeigenschappen: de bloeddruk werd telkens verhoogd gevonden.

Warme baden deden de viscositeit dalen.

Electrische lichtbaden verhoogden de inwendige wrijving, wat in verband met het vochtverlies niet te verwonderen is.

Vochtige inwikkelingen verlaagden de waarde van η .

Locale lichte stuwung van een extremiteit volgens BIER, geeft reeds duidelijke toename van de viscositeit. Dit bleek echter slechts ten deele het gevolg van het verhoogde koolzuurgehalte, voor een ander deel is het toe te schrijven aan indikking van het bloed, zooals een desbetreffend onderzoek leerde.

In 1907 geeft DETERMANN een geheel nieuwen vorm aan den door hem gebruikten viscosimeter. Deze is symmetrisch gebouwd en met een watermantel omgeven. Hij komt in principe dus geheel overeen met het apparaat van HARO, hetwelk DETERMANN echter nergens, zoover ik heb kunnen nagaan, vermeldt.

Aan weerszijden van de eigenlijke capillair *ac* bevinden zich twee evengroote verwijdingen (0.1 cm^3), ook de inhoud van de uiteinden *bf* en *de* is gelijk. Het geheel is omgeven door een watermantel, waarin een thermometer, en is draaibaar op een houten onderstel.

Het bloed, dat door middel van droog hirudine eenigen tijd onveranderd blijft, wordt opgezogen tot *a*. De toestel wordt dan verticaal opgesteld en de tijd gemeten, waarin dit onder zijn eigen gewicht van *b* tot *a* stroomt. Dan wordt de toestel 180° gedraaid en de proef herhaald. Door middel van een bijgegeven kurventafel wordt de tusschen 15° en 25° graden waargenomen doorstroomingstijd gereduceerd op 20° .

Door het instrument voor water van 20° te iijken, zou men

zoodoende uit de verhouding van het gemiddelde van een zeker aantal proeven tot de waterwaarde, beide voor 20° , de relatieve viscositeit vinden. Daar η voor water bij 20° uitgedrukt in dynes, 0,01 is, zou de absolute waarde van η

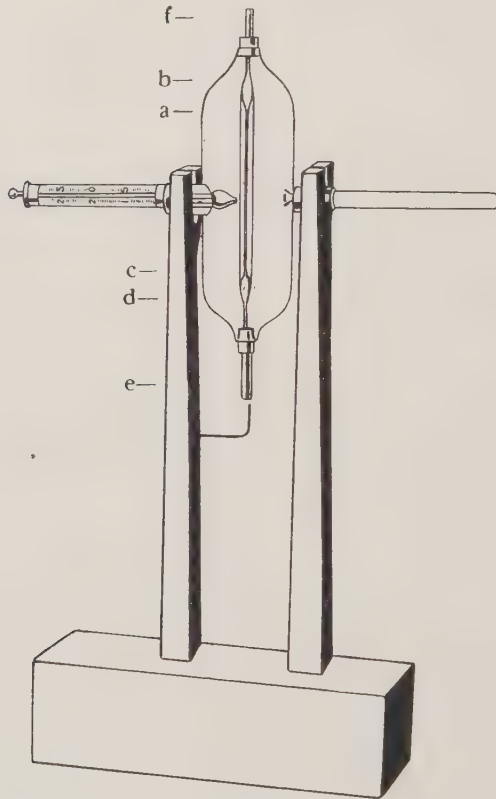


Fig. 6.

voor een bepaalde bloedsoort zijn =

$$\frac{\text{doorstroomingstijd van het bloed in sec. bij } 20^{\circ} \text{ C.}}{\text{doorstroomingstijd van water in sec. bij } 20^{\circ} \text{ C.}} \times 0.01.$$

Hij vond, dat de viscositeit bij stijgende temperatuur regelmatig afneemt, de curve zou vrijwel verlopen als een parabool.

Hiervan gebruik makende, construeerde hij een „Idealkurven-tafel“, waardoor men den doorloopstijd bij een willekeurige kamertemperatuur, onmiddellijk op 20° zou kunnen herleiden.

Het soortelijk gewicht wordt door DETERMANN ten onrechte (zie mijn eigen waarnemingen) verwaarloosd.

ROTKI (1907) vond als *gemiddelde waarde voor η* bij normaal bloed 5.12, voor het plasma 1.77. Hij gebruikte de viscosimeter volgens HIRSCH en BECK.

In 11 gevallen van *nephritis* was bij 10 patienten de viscositeit verlaagd, wisselende tusschen 3.34 en 4.73, in één geval verhoogd n.l. 5.58. De η -waarde van het plasma was constant verhoogd. Deze wisselde tusschen 1.83 en 2.55.

In 4 gevallen van *anaemie* was η voor het bloed 1.69—3.94, voor het plasma was η niet constant verlaagd.

Bij *leukaemie* vond hij 5.71 en 6.66, doch in één geval met ongeveer even sterke leucocytose 4.31. Terwijl het celvrij plasma een waarde gaf van 2.62, vond hij voor ditzelfde plasma vermengd met *leucocyten* (350 000 per m.M³., verkregen door afcentrifugeeren der erythrocyten) 5.33.

Bij 5 patienten met *icterus* was η 3 maal verhoogd: 5.76; 7.599; 13.56 en in 2 gevallen verlaagd: 3.9 en 4.48. Dit laatste schrijft hij toe aan de tevens bestaande anaemie en kachexie. Het plasma had in alle 5 gevallen een verhoogde viscositeit, n.l. 2.56—2.89.

Een groot *koolzuurgehalte* verhoogt zoowel de viscositeit van het bloed als van het *plasma*, maar 't laatste schijnt voor de viscositeit van 't geheele bloed slechts van ondergeschikt belang.

Hij besluit dit uit de drie gevallen van *cyanose*, waarbij de η -waarde van bloed, resp. plasma, was: 4.48 en 2.83; 6.45 en 2.42; 16.93 en 2.52.

Door *zuurstofinhalatie* daalde in dit laatste geval η van 16.93 tot 10.79. Hierbij dient echter vermeld, dat patient den vorigen dag 2 gram joodnatrium gehad had. In vitro daalde de viscositeit van koolzuurrijk bloed bij zuurstofdoorvoer van 5.58 op 5.18.

Een regelmatigigen invloed der *roode bloed lichaampjes* kon ROTKY uit zijn proeven niet vaststellen.

In 4 gevallen van acute *phosphorvergiftiging* was de viscositeit van het *plasma* steeds verhoogd: 2.17; 2.14; 2.46; 2.23, die van het totale bloed echter verschillend.

Bij verschillende ziekten vond hij geen constante afwijkingen.

Ref. HENSLER.

ROBERT—TISSOT (1907) meent, dat bij de viscositeitsbepalingen niet genoeg rekening gehouden wordt met de *bloedplaatjes*. Daar deze veel alcali bevatten zouden ze door binding van vrij koolzuur de viscositeit kunnen verlagen. Van meer belang nog zou hun aanwezigheid als vaste elementen van het bloed zijn, terwijl ze door zich aan den capillairwand te hechten en zoo het volumen hiervan te verkleinen, de viscositeitsbepalingen in de war sturen. Hij geeft dan een *nieuwe methode* aan, waarbij de viscositeit bepaald wordt uit de amplitudo van een vergulden metaalcilinder, die zich beweegt in een hollen cilinder, waarin een bepaald volumen bloed. Deze laatste vormt tevens een deel van de spuit, waarmee hij na toevoeging van eenig hirudine de benodigde hoeveelheid bloed door vene-punctie verkrijgt. Eigen waarnemingen geeft hij niet.

GALLI (1907) wees er op, dat patienten met *polycythaemie* zich gezond gevoelen, terwijl toch de viscositeit van hun bloed zeer groot is. Omgekeerd daalt bij *anaemie* de waarde van

η soms tot op $\frac{1}{3}$ van de norm, zonder dat belangrijke circulatiestoornissen optreden. Behalve de bepaling der viscositeit is, voor een juiste beoordeeling van de hartswerking, volgens hem noodig bepaling van den bloedsdruk en van de hoeveelheid bloed, terwijl men tevens rekening moet houden met den toestand der arteriën, de lichaamstemperatuur en den toestand van de vasomotoren.

Ref. Fol. Ser.

SEGALE (1907) nam een afname van de viscositeit van het serum waar na injecties met *hydrochloras morphini*, welke in de meeste gevallen reeds binnen een half uur optrad. Sommige dieren hadden tot het verkrijgen van een narcose een grootere quantiteit morphine noodig en dan trad de verlaging van η ook eerst na een 2^{de} injectie duidelijk op. Bij herhaalde injecties werd de afname der viscositeit allengs geringer, doch nimmer werd een volkomen ongevoeligheid bereikt. Bij dieren welke eenigen tijd honger geleden hadden, ontbrak de reactie geheel.

Ref. Fol. Ser.

KOTTMAN (1907) vond, gebruik makende van de methode van HIRSCH en BECK, dat toevoeging van *hirudine* (1 m.gr. per 10 c.M³.) geen verandering geeft in de viscositeit. Nog na uren kon hij met hirudinebloed uitstrijk-paeparaten maken voor kleuring volgens JENNER of EHRLICH. Ook voor het tellen van de bloedlichaampjes en voor haemoglobine-bepalingen kan men heel goed hirudinebloed gebruiken.

Als *gemiddelde waarde voor η* bij gezonde personen vond hij bij 38°, 5.11. Bij 8 gevallen van *anaemie* was de viscositeit gering, n.l. 1,71—5,96, ongeveer parallel met het aantal roode bloedlichaampjes. Daarnaevens vond hij in twee geval-

len van *perniciouse anaemie* de totale hoeveelheid bloed sterk afgenomen. De verhouding tot het lichaamsgewicht was 1 : 23 en 1 : 19 (normaliter $\frac{1}{11}$ à $\frac{1}{13}$). De lage η -waarden zouden de uitdrukking in getallen zijn van de cohaesie-vermindering van het bloed, waardoor het hart ontlast en de stroomsnelheid vermeerderd wordt. Het laatste verklaart ook de *accidenteele geruischen*. KOTTMAN zag deze verdwijnen bij toename van de viscositeit van het bloed.

In 2 gevallen van *polycythaemie* (aantal roode bloedlichaampjes 9.000.000 en 9.136.000) was $\eta = 21.44$ resp. 22.89. Bij 3 patienten met *myelogene leukaemie* was $\eta = 26.48$; 6.32 en 3.97 (aantal witte en roode bloedlichaampjes resp. 900.000 en 3.140.000; 404.000 en 3.208.000; 94.000 en 1.860.000).

In 2 gevallen van leukaemie was η laag, n.l. 4.29 en 3.97, niettegenstaande het groote aantal witte bloedlichaampjes (320.000 en 94.000). Door haematokrietonderzoekingen komt KOTTMAN tot het besluit, dat hier twee elkaar tegenwerkende componenten de η -waarde bepalen. Het bleek namelijk, dat de hoeveelheid vaste elementen verminderd, de quantiteit van het plasma vermeerderd was.

Bij *nephritis* was in de meeste gevallen η voor het bloed verlaagd, in 4 van de 5 gevallen was echter η voor het plasma belangrijk verhoogd (2.01—2.18). De vraag rijst, welken invloed een dergelijke hyperviskeuse vloeistof op het hart heeft.

Na *intraveneuze keukenzout-infusies* zinkt de viscositeit van het bloed bijna momentaan, b.v. van 3.13 op 2.83 in 30 minuten; van 4.40 op 4.10 in 15 minuten; van 5.83 op 4.26 in 3 minuten. Ook de viscositeit van het plasma daalt, maar in mindere mate.

Uit 15 waarnemingen bleek, dat de verhouding tusschen *spec. gewicht* en viscositeit constanter is voor het plasma dan voor het bloed.

Bij *bloedonttrekking* kon KOTTMAN nog na 21 dagen verlaging der viscositeit aantonen.

Door 14 gram *joodkalium* per os, daalde de viscositeit in 2 gevallen resp. van 5.14 op 4.6 en van 3.8 op 3.4.

Ref. HENSLER.

BOVERI (1907) zag bij *plethorische, vetzuchtige* individuen en vooral bij *uraemie* verhoogde viscositeit. Daarvan zouden circulatie- en voedingsstoornissen het gevolg zijn.

Sommige *minerale wateren* (San Pellegrino) verminderen de viscositeit, waarschijnlijk door het aanzetten van de stofwisseling en verhoogde uitscheiding van urinezuren, die als kolloïden in het periphere bloed voorkomen.

Ref. fol. Serol.

DU BOIS-REYMOND, BRODIE en FRANZ MÜLLER (1907) trachten nogmaals de vraag te beantwoorden of de wet van POISEUILLE ook geldt voor de circulatie.

Terecht wijzen zij er op, dat dit in strengen zin een foutieve uitdrukking is en dat men eigenlijk moet vragen of de wet geldt voor ieder element van het bloedvaatstelsel, d.w.z. voor ieder stukje buis, dat als een capillair in den zin van POISEUILLE kan worden opgevat. Van geldigheid of ongeldigheid kan alleen in zooverre sprake zijn, dat men zich afvraagt, of de dierlijke bloedstroom in denzelfden zin veranderd als andere vloeistoffen in rechte capillairen, bij wijziging van den druk, de doorsnee van de buis en de viscositeit. Om deze vraag te beantwoorden werden naast elkaar bepalingen gedaan met het toestel van HIRSCH en BECK en met het doorstromen met hetzelfde bloed van overlevende organen met behulp van een door BRODIE geconstrueerd apparaat.

Uit een zeer groot aantal proeven bleek „mit Sicherheit

für die Gefäße des überlebenden Organs eine völlige Proportionalität zwischen innerer Reibung und Ausflussmenge." Waarschijnlijk bedoelen schrijvers, dat de viscositeit en de uitgevloeiide hoeveelheid vloeistof omgekeerd evenredig zijn. Ook voor levende dieren werd deze zelfde verhouding gevonden.

Evenals HEUBNER (zie pag. 43) komen DU BOIS-REYMOND, BRODIE en FRANZ MÜLLER tot de conclusie, dat POISEUILLE's proeven op overlevende organen (zie pag. 15) niets bewijzen, daar hij wel bij wijziging van de viscositeit, een verandering *in denzelfden zin* van de doorstroomingsnelheid in glas en in dierlijke capillairen vond, maar procentsgewijze klopten de cijfers niet met elkaar.

Zij hebben daarop getracht deze proeven van POISEUILLE te herhalen. Deze liet, volgens zijn beschrijving, paarden-serum stroomen door de bloedvaten van een hondepoot, zoodra het door verbloeding gedoodde dier volkomen koud was, d.i. na ongeveer 1 uur. Nu deed zich echter een merkwaardig verschijnsel voor. Mat men den tijd, waarin bij gelijkblijvenden druk van ± 120 m.M. kwik, 100 c.M.³ serum uit de vene uitvloeien en voegde men, nadat een constante waarde verkregen is, zonder drukverandering aan hetzelfde serum 1:100 KNO₃ toe, dan hield plotseling de bloedstroom zoo goed als geheel op, in plaats van, zooals POISEUILLE aangeeft, sneller te worden. Ook na doorspoelen met zoutvrij serum herstelde zich de bloedstroom niet geheel weder. Het is dus onbegrijpelijk hoe POISEUILLE tot deze mededeelingen gekomen is. De genoemde onderzoekers nemen aan, dat hij ongetwijfeld veel langer na den dood van het dier de proeven gedaan heeft. Zij deden de proeven ook na 24 uur en vonden dan ongeveer dezelfde cijfers als POISEUILLE. De vaatwand is dan dood en reageert niet meer op zout.

Ook aan zijn proeven met paarden ontzeggen zij alle waarde. Zij wijzen daarbij op een van zijn proeven. Een paard van 11 jaar kreeg 4 gram KNO_3 . Naar schatting bedroeg de hoeveelheid bloed van het dier ongeveer 14 K.G. Op 100 bloed kwam dus 0.027 KNO_3 . De doorstroomingstijd kwam van 32 op 22.5 seconden; nam dus bijna 30 procent af. Deze afname op het geringe percentage KNO_3 terug te voeren is hun te machtig.

Hun conclusie luidt: dat POISEUILLE's proeven met glas-capillairen volkomen juist zijn, maar dat HEUBNER terecht aan zijn proeven met dieren alle bewijskracht ontzegt en dat hun eigen proeven feitelijk bewijzen, wat POISEUILLE had willen bewijzen.

Ten slotte vragen zij zich af of geringe viscositeitsveranderingen inderdaad voor het organisme van beteekenis zijn; hiermee in verband wijzen zij op de proeven van O. MÜLLER.

Gedurende 14 dagen werd driemaal daags 0.5 gram JK gegeven. Werd niets van dit zout uitgescheiden, dan zouden de 5 L. bloed 0.42 % ervan bevatten. De afname van de viscositeit bedroeg 1.6 tot 8.3 %. In POISEUILLE's proeven verminderde 1 % KNO_3 de viscositeit van het serum 4 %. Het is dus niet aan te nemen, dat 0.4 % JK de viscositeit merkbaar verandert. De werking zou dus, zooals ook MÜLLER vermoedt, door een bijzondere werking op de bloedcellen verklaard moeten worden.

Uit hun eigen proeven bleek: „dasz sich die Strömung im gleichen Verhältnis wie die innere Reibung ändert. Nimmt diese also um 50 % zu, so müsste danach die Durchblutung des Körpers um 50 % langsamer werden. Eine solche Abnahme hat nun für die normal elastischen Gefäße gar keine Bedeutung.”

Bij doorstromingsproeven door de vaten van den darm, bij een levende kat, zagen zij bij belangrijke verdunning van het bloed geen toename, maar afname van de stroomsnelheid.

Geringe prikkel van de vaatzenuwen door verwarming of afkoeling veranderde de snelheid 100 % en meer. We weten verder, dat spierarbeid met vaatverwijding gepaard gaat. Reeds de kleinste hoeveelheid van stoffen, die vaatverwijdend of vernauwend werkten, gaven groote veranderingen in de stroomsnelheid.

Een minimale hoeveelheid yohimbin, gaf een wijziging van de stroomsnelheid van 250 %, terwijl de bloeddruk slechts veranderde tusschen — 18 en + 11 %.

Nu is gebleken (WEINTRAUD, LOMMEL, WINTER) dat zelfs de sterk verhoogde viscositeit bij polyglobulie, geen belangrijke toename van den weerstand in de peripherie geeft. Steeds vond men, wanneer er geen arteriosklerose bestond, geen hypertrophie en dilatatie van den linker ventrikel, geen versterking van den 2^{den} aortatoon, geen stuwing in de peripherie, geen verhooging van den tonometrisch gemeten bloeddruk. De grootere viscositeit wordt door de verwijding van het vaatgebied gecompenseerd.

Aan het slot van hun belangrijk artikel zeggen ze: „Wir möchten daher denen durchaus Recht geben, die die innere Reibung als ein drittes Moment für die Blutströmung neben den treibenden Kräften und äusseren Widerständen bezeichnen, *aber von viel geringerer Größenordnung als diese.* Die Bedeutung der inneren Reibung für die Blutströmung wird von klinischer Seite vielfach überschätzt. Man wird auch in der *Pharmakologie* die Änderung der inneren Reibung nur da zu berücksichtigen haben, wo ein Gift gleichzeitig die

innere Reibung erhöht *und* die Gefäßwand, die Gefäßnerven oder die Herzkraft schädigt.”

BURTON-OPITZ (1907) stelde nogmaals vast de afhankelijkheid van de viscositeit van het *koolzuurgehalte*. Door afwisselend zuivere lucht en lucht + koolzuur in de trachea van honden te blazen, kon hij de viscositeit willekeurig verhoogen en verlagen; en daarnaast tevens het specifiek gewicht. Toch gaan viscositeit en *specifiek gewicht* niet altijd volkomen parallel. Een hoog specifiek gewicht behoeft niet altijd samen te gaan met een hoge viscositeit.

Door beurtelings bevroren en ontdooien kreeg *lakkleurig bloed* een zeer kleine viscositeit, ook het specifiek gewicht daalde, maar lang niet in zoo sterke mate. Het bleek ongeveer gelijk aan dat van gedefibrineerd bloed.

Viscositeit en specifiek gewicht nemen parallel en in dezelfde mate toe bij verhooging van het aantal *roode bloedlichaampjes*. Ook de andere vormelementen van het bloed hebben in denzelfden zin invloed op de viscositeit.

Door injectie van 10 % *gelatineoplossing* werd de viscositeit reeds binnen enkele minuten verhoogd, en neemt na langere tijd nog toe. Na een uur was de viscositeit nog niet tot de norm teruggekeerd.

Voedselonthouding verlaagt, *vleeschroeding* verhoogt de viscositeit. In een andere publicatie beschrijft hij zijn *nieuwen riscosimeter*, bestaande uit een 0.5 tot 1 m.M. wijde capillair, in het midden kogelvormig verwijd. Het bloed wordt door middel van een zuigpomp onder constanten druk tusschen twee merkstrepen doorgezogen en de doorstroomingstijd ten opzichte van water bepaald.

WINTER (1907) vond bij een geval van *polycythaemie*, met

$\pm 12\,000\,000$ roode bloedlichaampjes, z tusschen 16.59 en 20.02. In 3 minder sterk uitgesproken gevallen vond hij waarden tusschen 4.31 en 6.45. Hij gebruikte de methode van HIRSCH en BECK.

Hess (1907) gaf in hetzelfde jaar als DETERMANN een nieuwen viscosimeter aan. Ze bestaat uit twee gegradueerde capillairen M_1M_2 , verbonden door de buis T en door het gummslangetje S met den ballon Gb. Aan de andere uiteinden zijn de capillairen K_1 en K_2 aangesmolten; aan K_1 wederom een buisje G, terwijl tegen K_2 een buisje E aansluit, dat door een veer F op zijn plaats wordt gehouden. Door een kraan H kan de verbinding van M_1 met T en dus ook met de ballon opgeheven worden.

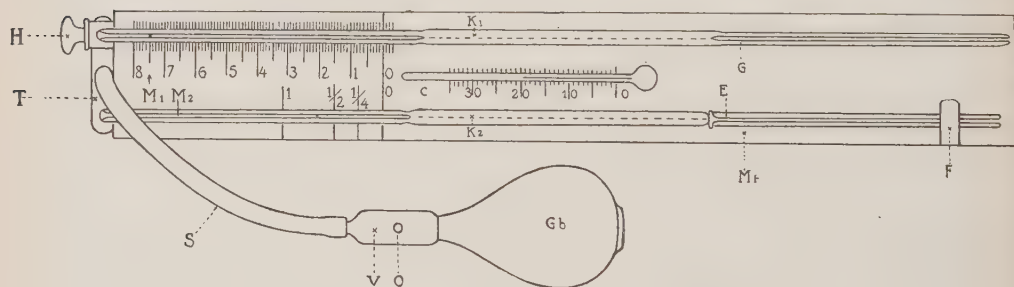


Fig. 7.

Tusschen het slangetje en den ballon is een glazen tusschenstuk V, waarin een opening O.

Men zuigt in buis GK_1M_1 water, $z\phi\phi$, dat het linker uiteinde van de waterkolom juist bij het nulpunt van de schaalverdeling staat. Het buisje E wordt dan gevuld met het te onderzoeken bloed en daarop door middel van de veer tegen de capillair K_2 bevestigd.

Daarop wordt met den ballon het bloed door de capillair K_2

gezogen tot aan het nulpunt van de schaal bij M_2 . Nu wordt de kraan H geopend. Wordt nu wederom aangezogen, dan vult zich M_1 met water, M_2 met bloed. Zoo gauw het bloed bij de deelstreep 1 gekomen is, onderbreekt men de zuiging. De hoeveelheid water, die in de buis M_1 getreden is, wordt dan op de schaal afgelezen. Hiermee is dan tevens onmiddellijk de relatieve viscositeit van het onderzochte bloed gegeven.

Immers daar de zuigende kracht op beide vloeistoffen altijd even lang en even sterk werkt en de beide capillairen gelijke afmetingen hebben, is:

$$\frac{\text{doorstromingsvolumen van water}}{\text{doorstromingsvolumen van het bloed}} = \frac{\text{viscositeitscoëfficiënt v. h. bloed}}{\text{viscositeitscoëfficiënt van water}}$$

Wordt het doorstromingsvolumen van het bloed = 1 genomen, dan is het doorstromingsvolumen van het water = de relatieve viscositeitscoëfficiënt van het bloed.

Hess vond, dat correctie voor de temperatuur onnoodig is, daar voor elken graad temperatuursverhooging, de viscositeit slechts 0.8 % zou afnemen. De toestel zou resultaten tot op 1 à 2 % nauwkeurig geven.

Toevoeging van *kristalloïden* veranderde de viscositeit van water slechts in geringe mate, *kolloïden* daarentegen veel sterker. De beteekenis van de kristalloïden voor de viscositeit van het bloed, zou volgens Hess vooral gelegen zijn in de door deze stoffen veroorzaakte physische of chemische verandering van de tevens aanwezige kolloïden.

Bij verschillende viscositeitsbepalingen bij denzelfden persoon was het grootste verschil 3 %. De grootste afwijking van de gemiddelde waarde bedroeg 2 %. Daar de viscositeit tot

104 % uiteen kan loopen, zooals uit waarnemingen bij 107 patienten bleek, is een fout van 3 % volgens dezen onderzoeker niet van beteekenis.

Uit waarnemingen bij verschillende *temperatuur* volgde, dat bij 37° de waarden gemiddeld 16 % lager zijn dan bij 17°.

De bij kamertemperatuur gevonden waarden bleken een zeer nauwkeurige maat voor de verhoudingen bij 37°. De invloed van de temperatuur zou zoo gering zijn, dat een schommeling van enkele graden geen storende fout zou geven. Voor 5° zou de fout slechts 4 % bedragen, dus vallen binnen de individueele schommelingen.

De wijze, waarop het bloed voor het onderzoek verkregen wordt, acht HESS van veel belang. Locale stuwung verhoogt de viscositeit belangrijk, massage verlaagt haar. Om het bloed zoo arterieel mogelijk te kunnen onderzoeken, laat HESS de handen eerst in warm water wasschen en ze dan stevig afwrijven.

Verminderde respiratie en circulatie, b.v. bij coma, somnolentie, peritonitis en hartinsufficiëntie geven een hooge waarde voor η ; waarschijnlijk ook tuberculose; lage waarden vond hij bij voedingsstoornissen en uitputtende ziekten.

Tenslotte wijst HESS op de noodzakelijkheid allereerst den invloed van variabele factoren als voeding, vloeistofopname, lichaamsbeweging enz., na te gaan.

HESS schrijft de, in vergelijking met de zijne, hooge waarden van DETERMANN toe aan de sedimenteering van de bloedlichaampjes tijdens het onderzoek. Als resultaat van zijn waarnemingen bij gezonden geeft hij het volgende staatje.

Mannen:

Ouderdom in jaren	0—10	10—20	20—35	35—50	50—81
Aantal waarnemingen	20	48	34	12	8
Gemiddelde ouderdom	7.5	15.3	27.6	44	56.3

<i>Gemiddelde viscositeit</i>	3.89	4.43	4.70	4.91	4.65
Laagste visc. waarde	3.1	3.7	4.—	4.2	4.2
Hoogste visc. waarde	4.5	5.5	5.4	5.3	5.5

Vrouwen:

Ouderdom in jaren	0—10	10—20	20—35	35—50	50—81
Aantal waarnemingen	19	50	20	29	21
Gemiddelde ouderdom	6.7	15.1	26.3	43	65
<i>Gemiddelde viscositeit</i>	3.80	4.22	4.21	4.44	4.54
Laagste visc. waarde	3.—	3.5	3.5	3.8	4.1
Hoogste visc. waarde	4.4	4.9	5.1	5.1	5.4

Gemiddelde viscositeit van mannen boven 20 jaren 4.74

” ” ” *vrouwen* ” 20 ” 4.40

” ” ” *volwassenen* ” 20 ” 4.57

5.5 hoogste waarde	}	bij mannen
boven 5.0 niet zelden		
4.0 laagste waarde		
onder 4.5 zelden		

Physiologische grenzen 4.3—5.3.

5.4 hoogste waarde	}	bij vrouwen
boven 5.0 zeer zelden		
3.5 laagste waarde		
onder 4.— niet zelden		

Physiologische grenzen 3.9—4.9.

Schommelingen staan in nauw verband met den voedings-toestand. Van veel gewicht voor de diagnostiek acht hij de

vaststelling van het quotient $\frac{\text{Haemoglobinegehalte}}{\text{relatieve viscositeitscoëfficiënt}}$

Normaliter wisselt dit tusschen 17 en 21. Bij lage viscositeitscoëfficiënten neigt het quotient tot 17, bij hooge tot 21. Dit komt, doordat het haemoglobinegehalte tusschen relatief ruimere grenzen schommelt dan de viscositeit. Afwijkingen

van dit gemiddelde quotient wijzen volgens Hess op pathologische toestanden. De als norm aangenomen haemoglobine waarde van 100 % is zeker te hoog.

BACHMAN (1908) vond bij gezonden een norm van 90 % voor het haemoglobinegehalte nog iets te hoog. Dit cijfer echter gebruikende zou het haemoglobinequotient worden $\frac{90}{4.5} = 20$.

Hij onderzocht onder bedrust 's middags tusschen 2 en 6 uur, bij een kamertemperatuur tusschen 17 en 23° C.

De hand wordt in water van 37° gehouden, daarna krachtig afgewreven, dan een prik in een vingertop gegeven, zoodat een druppel bloed zonder te drukken te voorschijn komt. Het haemoglobinegehalte bepaalde hij met het toestelletje van SAHLI—GOWERS.

Zijn resultaten bij verschillende patienten zijn in 't kort samengevat de volgende:

Bij *pneumonie* zijn de waarden bijna alle verhoogd (gemiddelde van 38 gevallen 5.066) en wel vooral in de verhouding tot het haemoglobinegehalte, waardoor het quotient meest verlaagd is. Na de krisis keert het quotient tot de norm terug. De viscositeit zou niet in nauwe betrekking staan tot leucocytose en bloeddruk.

Bij *typhus* is de viscositeit zeer laag (gemiddelde van 11 gevallen 3.800), vooral ook in verhouding tot het haemoglobinegehalte, zoodat het quotient sterk verhoogd is. De lage viscositeit zou niet afhankelijk zijn van de leucopenie.

De waarden bij *meningitis epidemica* zijn weer hoog (gemiddelde van 7 gevallen 4.900), het quotient is beneden de norm (gemiddelde van 19 gevallen 3.663).

Chronische interstitieele nephritis gaf lage waarden en hoogen bloeddruk, wat veroorzaakt zou worden door de hydraemie.

Bij *encephalorrhagie* en *thrombose* vond HESS de hoogste waarden (3.6—7.8 bij 17 gevallen, gemiddelde 5.282) afhankelijk van het CO₂ gehalte van het bloed. Hoe hooger de viscositeit, des te slechter de prognose.

Bij *tuberculose* bestaat een neiging tot hoogere waarden (gemiddelde van 51 gevallen 4.770) en kleine quotient.

Van 3 gevallen van *leukaemie* geeft hij de volgende tabel:

No.	Viscositeit.	Haemoglobine.	Quotient.	Bloedlichaampjes.
1 ♂	3.9	78	20.0	r. 5 060 000 w. 52 000
2 ♂	5.0	70	14.0	r. 3 870 000 w. 104 000
3 ♀	4.5	75	16.6	r. 7 200 000 w. 300 000

De eerste patient zou het bewijs leveren, dat toename alleen van 't aantal witte bloedlichaampjes, geen invloed op de viscositeit zou hebben, tenminste niet bij een graad van hyperleucocytose als men bij infectie-ziekten pleegt te vinden.

No. 2 was een myeloide leukaemie met zeer veel groote cellen.

Bij no. 3 een lymphatische leukaemie, is de hooge viscositeit wel allereerst afhankelijk van de polycythaemie.

CESANA (1907) vond de viscositeit van het *serum* van veneus bloed constant hooger dan van arterieel bloed. De viscositeit van het serum varieert met het *orgaan*, waaruit het bloed ontnomen is. Bij honden treedt na *milttextirpatie* een belangrijke verhooging van de viscositeit van het serum op, zoowel voor veneus als arterieel bloed, welke later afneemt. Zij blijft echter altijd hooger dan normaal. Serum van bloed uit de milt vertoont, als het eenigen tijd met de pulpa in aanraking is geweest, een hoogere viscositeit, als serum uit

andere venen. De *osmotische spanning* verloopt parallel met de viscositeit: in de meeste gevallen eveneens de *droogrest* van het serum en de viscositeit.

(Ref. Zentralblatt f. Physiol. XXI).

BOTTAZI, D'ERRICO, JAPPELLI (1908) namen proeven met intraveneuze injecties van keukenzout en gelatine bij vijf honden. Ze vonden bij *injectie van hypertonische keukenzoutoplossing*:

- 1°. de snelheid van de urinesecretie neemt eerst toe, dan af;
- 2°. de moleculaire concentratie van de urine neemt eerst af, dan toe;
- 3°. de osmotische druk en de elektrische geleidbaarheid van het serum nemen toe;
- 4°. de viscositeit van het serum daalt belangrijk.

Na *injectie van gelatine* stijgt de viscositeit, zoowel van het serum als van het gedefibrineerde bloed, ook wanneer voor, na, of gelijktijdig met de gelatine hypertonische keukenzoutoplossing wordt ingespoten. Door de gelatine-injectie wordt de neiging van de bloedlichaampjes om geldrollen te vormen sterker: wellicht zou hierop de verhooging van de viscositeit berusten. (Ref. Fol. Ser.).

LOMMEL (1908) zag de viscositeit bij *polycythaemie* „in allen Fällen so bedeutend erhöht, wie bei keiner anderen Krankheit.”

Waarschijnlijk zouden echter regulatieinrichtingen aan de hierdoor bemoeilijkte circulatie tegemoet komen. Hierop wees een geval waarbij een α -waarde = 11 gevonden werd, terwijl het relatieve gewicht van het hart bij de sectie normaal bleek.

ZANGGER (1908) bespreekt de viscosimeter van HESS. De invloed van de *temperatuur* zou volgens hem zeer klein zijn, omdat onder dezen invloed water en bloed in denzelfden zin zouden veranderen. (Ref. Fol. Ser.).

DETERMANN (1908) deed bij 13 patienten onderzoekingen omtrent den invloed van *Sajodin*. In 3 gevallen vond hij verlaging, in 10 verhooging van de viscositeit.

HERZOG (1908) zag na subcutane injectie van 0.1 m.gr. *strophantine* of 1 m.gr. *adonidine* per K.G. hond, een verlangzaming van de pols zonder verandering van de viscositeit. Intraveneus gaven dezelfde doses nog belangrijk langzamer pols, terwijl de viscositeit vrijwel dezelfde bleef. Bij hooger doses traden intoxicatie-verschijnselen op, met duidelijke stijging van de viscositeit.

Intraveneuze *adrenaline*-injecties gaven verhoogden bloedsdruk, langzame pols en deden de viscositeit voorbijgaand, maar dikwijls zeer duidelijk stijgen.

Injecties van *diphterie-toxine* in niet dodelijke doses deden ongeveer 12 uur na de injectie de viscositeit voorbijgaand stijgen.

Inhalaties van *amylnitriet* deden de viscositeit dalen. De waarnemingen werden gedaan met een iets gewijzigd toestel volgens HIRSCH en BECK. (Ref. Fol. Ser.)

ROGER (1908) komt op grond van dierproeven tot de conclusie dat *oedemen* wellicht berusten op veranderde viscositeit van het bloed. (Ref. Fol. Ser.)

BOVERI (1908) zag onder invloed van *jodipin*-inspuitingen bij konijntjes de viscositeit van het bloed dalen, van het serum constant blijven. Bij patienten met verhoogden bloedsdruk werd deze onder joodpraeparaten lager. Daar middelen, die den bloeddruk verlagen, tevens het aantal circuleerende erythrocyten verhoogt, vraagt BOVERI zich af, of wellicht een afname van dit getal, door joodpraeparaten, de oorzaak is van de verminderde viscositeit. (Ref. Fol. Ser.)

MÜNZER (1908) merkte op, dat de temperatuur aangegeven door den thermometer op den viscosimeter van HESS niet overeenkomt met de temperatuur van het gebruikte water en bloed. Hierop was ook reeds vroeger door DETERMANN gewezen.

Hij construeerde met BLOCH een *viscosimeter*, in principe gelijk aan dien van HESS, maar ze omgaven het geheel met een watermantel en maakten de capillairen uit een stuk wat langer en nauwer, (0.05 m.M.), bovendien werd nog een manometer aangebracht.

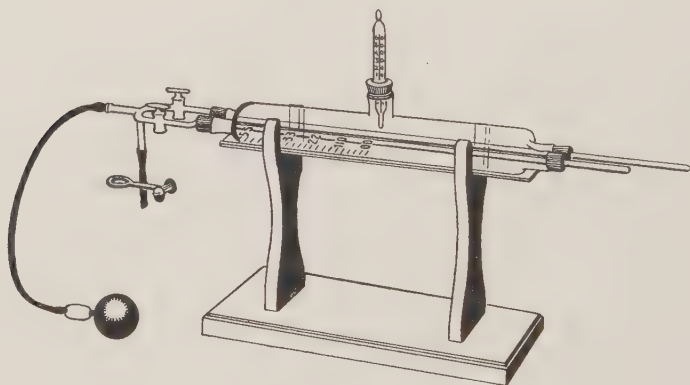


Fig. 8.

Zij vonden waarden voor η wisselende tusschen 5 en 6 parallel gaande met het aantal roode bloedlichaampjes.

In 2 gevallen van *polycythaemie* vonden zij iets kleiner waarden dan met het toestel van HESS en ongeveer de helft van die met den viscosimeter van DETERMANN, b.v. HESS 12—12.4; DETERMANN 25; MÜNZER-BLOCH 11.5—11.64.

BLUNSCHY (1908) deed met den viscosimeter van HESS bepalingen met mengsels van *bloedlichaampjes* en plasma; van

plasma met 0.95 % NaCl-oplossing en van uitgewassen bloedlichaampjes met NaCl-oplossing. Hij vond, dat het stijgen van de viscositeit bij toevoeging van bloedlichaampjes wel regelmatig maar niet evenredig met het aantal dezer lichaampjes was. Hoe grooter het aantal wordt, des te sterker stijgt de viscositeit.

Geïsoleerd *plasma* heeft een geringe viscositeit. Suspensies van bloedlichaampjes in plasma hebben echter veel hoger viscositeit dan in NaCl-oplossing.

Menschenplasma gaat tot veel hoogerem graad van viscositeit dan konijnenplasma.

De viscositeit van het bloed wisselt regelmatig met den *tijd van den dag* tot 11.8 %. Er bestaat een morgenmaximum tusschen 9 en 11 uur en een breed dagminimum tusschen 2 en 6 uur p. m.

Opstaan deed de viscositeit snel stijgen. Er trad geen verhoogde viscositeit op bij twee personen, die te bed bleven.

Werd bij den *maaltijd* geen vloeistof gegeven, dan was de vermindering van de viscositeit vooral niet geringer dan bij een gewonen maaltijd met soep en drank. Een halve liter *koud water* deed de viscositeit 2.4 % dalen, 300 c.M.³ *warm water* 5.8 %.

Kort durende, matig zware *arbeid* verlaagde de viscositeit bij 4 en verhoogde die bij 2 personen (3.3 resp. 2.5 %).

Langdurige, matig zware arbeid gaf steeds een verlaging (gemiddeld 13.46 %).

Kort durende zware arbeid deed de viscositeit 4.55 % stijgen.

Bij circulatie, en respiratiestoornissen is reeds een geringe arbeid in staat een belangrijke toename van de viscositeit te veroorzaken. Daar dit op een vermeerdering van het koolzuurgehalte berust, is hiermede een objectieve methode ge-

geven om volgens dezen schrijver de functie van circulatie- en respiratieorganen te beoordeelen.'

60 gram *cognac* gaven in 13 gevallen een verlaging (5 %), in één geval een verhooging (7 %).

300 milligram *coffeine* per os gaven bij 8 personen een stijging (8.8 %).

Coffeionatrium Salicylicum subcutaan (0.10—0.15) gaf verhooging (6.4 %).

Kamfer (0.2) verlaagde na 10 tot 15 minuten in 6 gevallen de viscositeit (5.63 %).

Bij gezonden is er een vrij volkomen parallellisme tusschen viscositeit en *haemoglobinegehalte*; bij zieken is dit echter lang niet altijd het geval.

Ref. Fol. Ser. Bd. II '09 361.

LINDMANN (1908) vond geen overeenstemmende resultaten bij viscositeitsbepalingen na *joodkalium*- en *joodnatrium*-toediening.

Chloriden en *bromiden* schenen voor korten tijd de viscositeit te verlagen; zeer zeker was dit het geval bij *alcohol*-toediening. Hij gebruikte het apparaat van DETERMANN.

BACHMAN (1909) kon geen invloed van *broomzouten* op de viscositeit constateeren. Hij wijst op het belang van de viscositeit voor differentieeldiagnose tusschen typhus en *miliartuberculose*.

FILIPPI (1909) construeerde een apparaat waarmede zoowel viscositeit als *oppervlaktetension* bepaald kon worden. De viscositeit meet hij door in een nauwkeurig gecallibreerde verticale capillair, omgeven door een watermantel, het bloed onder een bepaalden, door middel van een manometer af te lezen

positieven of negatieven druk te laten opstijgen of dalen; en den daarvoor benodigden tijd met een chronometer af te lezen.

TRUMPF (1909) deed met den viscosimeter van HESS waarnemingen bij kinderen. Bij *zuigelingen* vond hij waarden van 3.2 tot 3.6; bij kinderen tusschen 7 en 13 jaren van 3.75 tot 4.1. De gemiddelde α -waarde bij *kinderen* zou 3.65 zijn. Zijn hoogste waarde was 12 bij een *cyanotische* pasgeborene: zijn kleinste 2.1 bij een geval van *anaemia splenica*.

Hyperviscositeit vond hij bij gevallen met *stuwing* en bij sommige *voedingsstoornissen* (vochtverlies, alimentaire intoxicatie) hypoviscositeit bij *lues hereditaria*, *leukaemie*, *anaemia splenica*, *uraemie*, *my. roedeem*, *eczeem*, aangeboren *vitium cordis* zonder cyanose en in de *reconvalescentie* van acute infectieziekten.

Na eenige beschouwingen over viscosimetrie in verband met het water, eiwit en koolzuurgehalte van het bloed, deelt hij verder mede bij pasgeborenen een *haemoglobinegehalte* van 95 tot 160 gevonden te hebben. Bij gezonde kinderen was de gemiddelde waarde 70. Parellellisme tusschen haemoglobinegehalte en viscositeit vond hij alleen bij de hoogste en laagste waarden; bij de middelwaarden weken beiden dikwijls sterk uiteen.

DETERMANN (1909) ging de viscositeit en het eiwitgehalte na bij verschillende voedingen, speciaal bij *vegetarisch dieet*.

Bij vegetariers vond hij grooter viscositeit dan bij anderen. Daarop onderzocht hij den invloed van de eiwitbestanddeelen van het bloed op de viscositeit. Daarbij bleek, dat de globulinoplossing de meest visceuse vloeistof is.

Suiker en keukenzout zouden bij de viscositeit geen rol spelen. Hij onderzocht 5 vegetariers en 5 andere personen, die achtereenvolgens 3 tot 8 dagen eiwithoudend, eiwitarm,

vethoudend en vegetarisch dieet gegeven werd. Hij bepaalde de viscositeit en het eiwitgehalte van het bloed en van het serum. Het resultaat was, dat de *voeding* geen invloed op de viscositeit en het eiwitgehalte van het bloed en het serum zou hebben. Alleen bij zeer eiwitarm dieet ging de viscositeit iets naar beneden. (Ref. D. M. W.)

MÜNZER u. BLOCH (1909) wezen er nogmaals op, dat de waarden voor η gevonden met den viscosimeter van DETERMANN belangrijk hooger zijn, dan die bij gebruikmaking van het toestelletje van HESS en van hun zelf. De oorzaak hiervan kan niet gelegen zijn in het verwaarloozen door DETERMANN van het spec. gewicht. Immers hiermede rekening houdende, zouden zijn waarden juist nog hooger worden. De veronderstelling van HESS, dat een sedimenteeren van de bloedlichaampjes den bloedstroom in de capillair zou verlangzamen, bleek hun experimenteel onjuist. Zij meenen, dat de, in verhouding tot hun toestel en dat van HESS geringe kracht, die bij den viscosimeter van DETERMANN zich doet gelden, waarschijnlijk tot een foutief resultaat leidt. De drie hun ten dienste staande viscosimeters van DETERMANN gaven voor water een verschillende doorlooptijd.

Gedefibrineerd runderbloed, door afwisselend bevroren en ontdooien lakkleurig geworden, bleek ongeveer 20 % visceuzer geworden te zijn.

ADAM (1909), op den voorgrond stellende, dat het bloed een kolloidale vloeistof is, waarin zouten en eiwitstoffen opgelost en halfvaste lichaampjes gesuspendeerd zijn, trachtte den invloed na te gaan, die deze verschillende bestanddeelen op de totale bloedviscositeit uitoefenen.

Daartoe onderzocht hij achtereenvolgens plasma, bloed met gedestrueerde bloedlichaampjes en bloed als zoodanig.

Uit proeven, genomen met zoutvrije kaseïne- en serumalbumine-oplossingen bleek, dat de viscositeit steeg met 't eiwitgehalte. Werden aan de serumalbumine-oplossingen (verkregen uit paardbloed en door dialyse zoutvrij gemaakt) zouten toegevoegd, dan was de werking daarvan op de viscositeit verschillend.

De meerwaardige zouten hadden een sterkere werking dan de eenwaardigen. De *jodiden* en *broomkalium* verminderden de viscositeit; *keukenzout*, *broomnatrium*, *magnesium*-, *aluminium*-, en *natriumsulfaat* werkten juist andersom. Volgens GETTMANN (1908) zouden joodzouten (het sterkst joodrubidium) en broomkalium voor water negatief, daarentegen NaCl, KCl en NaBr positief visceus zijn. De invloed van deze zouten op water en serumalbumine-oplossingen zou dus van denzelfden aard zijn.

Dezelfde zouten werden aan een isotonische oplossing van de belangrijkste bloedserumzouten en wel in aequimoleculaire concentratie met NaCl toegevoegd. Deze oplossing werd samengesteld naar ADLER, onder weglating van glukose, uit NaCl 0.59; KCl 0.04; CaCl₂ 0.04; MgCl₂ 0.025; NaH₂PO₄ 0.0126, NaHCO₃ 0.351 op 100 Aq. dest.

De inwerking bleek dezelfde te zijn als bij de eiwitoplossing, alleen laat hierop de invloed zich al bij geringere concentraties bemerken dan bij de zoutoplossing.

Tenslotte werden dezelfde zouten aan plasma toegevoegd, verkregen uit met hirudin behandeld bloed door centrifugeeren. Het bloed was door venesectie ontnomen aan de matig gestuwde V. mediana cubiti. Ook hierbij bleek de invloed van genoemde zouten dezelfde als bij serumalbumine- en isotonische

zoutoplossing, doch bij plasma is vermeerdering van de viscositeit bij geringe zoutconcentraties iets grooter.

Ook voor plasma zijn dus Na-, K- en rubidium-jodide en BrK negatief, NaBr, magnesium en natriumsulfaat positief visceus. BrK werkte zwakker dan de jodiden en van dezen in lage concentratie JK iets sterker dan JNa en JRb. Komt de concentratie bij JK en JNa van 1 op 2 % dan wordt de viscositeit weer iets grooter, terwijl ze bij JRb blijft dalen.

Uit zijn onderzoekingen met gedestruëerd bloed volgde, dat de hoogere viscositeit hiervan berust, behalve op het samenkleven van de stromata, ook op het hoogere eitwitgehalte van het „lakkleurige” bloed, in hoofdzaak veroorzaakt door het uit de bloedlichaampjes afkomstige haemoglobine. Haemoglobine en viscositeit stijgen in dezelfde verhouding. Tusschen plasma en lakkleurig bloed bestaat verder dit onderscheid, dat CO_2 en O geen invloed op η van het plasma hebben, wel echter wanneer men er eenige haemoglobinkristallen in oplost.

ROTH, TANGL en BUGARSZKY en STEWART hebben gelijktijdig en onafhankelijk van elkaar aangetoond, dat de bloedlichaampjes geen deel nemen aan de geleiding van den electrischen stroom, en dat tengevolge daarvan de geleidbaarheid van het bloed des te grooter is, naar mate het serum beter geleidt, en het totaal volumen van de bloedlichaampjes geringer is. KORANYI en BENCE toonden aan, dat als het koolzuur zoo volkomen mogelijk uit het bloed verdreven wordt, de viscositeit van het bloed toeneemt; zij het ook in veel geringere mate, dan wanneer het koolzuurgehalte toeneemt. Zij zoeken de oorzaak hierin, dat het koolzuurhoudende bloed door de H-ionen van het zuur H_2CO_3 kathodisch geladen is. Wordt nu het koolzuur uit het bloed verwijderd, dan neemt langzamerhand de lading van de bloedlichaampjes af tot ze geheel

verdwijnt, hiermee gepaard gaat een daling van de viscositeit.

Bij sterkere afname van het koolzuurgehalte treedt dan de oorspronkelijke anodische lading van de bloedlichaampjes weer op. Tevens neemt dan de viscositeit van het bloed weer toe. ADAM vond ook bij gedestruerd bloed een toename van η bij CO_2 -toevoer; een afname bij doorvoer van zuurstof, en een weer toenemen van de viscositeit bij voortzetting van den O-toevoer. Hij leidt daaruit de mogelijkheid af, dat voor de haemoglobinemoleculen hetzelfde geldt, wat KORANYI en BENCE voor de roode bloedlichaampjes aannemen.

Bij proeven met menschenbloed volgens de methode van HIRSCH en BECK voegde hij hirudin toe en trachtte hij den invloed van het wisselende koolzuurgehalte te elimineeren. Te dien einde voerde hij na de eerste viscositeitsbepaling O door, dat eerst door gedestilleerd en op 38° verwarmd water gegaan was. Daarop deed hij weer een bepaling en herhaalde dit eenige keeren. Op die wijze kreeg hij een curve met een eerst dalend en daarna opstijgend deel. Het gelukte niet altijd het laagste punt te vinden; wel kon dit ongeveer bepaald worden. Het bleek namelijk bij langzamen O-toevoer, dat de viscositeit het laagst was, als juist de roode kleur van het geoxydeerde bloed optrad. Bij de bepalingen trachtte hij nu bij gebrek aan een betere methode dit punt te bereiken, door schudden van het reservoir met bloed in een waterbad van 38° .

Volgens ADAM laten zich vele opvallende viscositeitsveranderingen eenvoudig door een hooger CO_2 -gehalte verklaren, b.v. de verhoogde viscositeit door *spierarbeid* en na een *koude douche*, wat hij door 2 voorbeelden aantoont.

De wijziging na warme en zweetbaden en bij verschillend dieet zouden er volgens hem ook wellicht door te verklaren zijn.

Hij erkent echter, op grond ook van zijn proeven, dat hoe

gewichtig het gasgehalte ook zij, dit toch altijd slechts één faktor onder veel andere blijft.

Onder invloed van de gaswisseling verandert zoowel het *volumen van de bloedlichaampjes* als de samenstelling en daarmee de viscositeit van het plasma. Wanneer zuurstof gevoerd wordt door veneus bloed zouden de roode bloedlichaampjes water en anionen aan het plasma afgeven, en kationen opnemen, waardoor behalve het volumen van de bloedlichaampjes ook het eiwit-, vet- en suikergehalte van het serum door de verdunning met water afneemt. Uit een 5-tal met dit doel ondernomen proeven bleek dat, als men zuurstof door veneus bloed leidt, de viscositeit van het plasma afneemt.

Door de bloedlichaampjes stijgt de viscositeit van η (plasma) = 2 tot η (bloed) = 5. Dit zou verklaard worden door wrijving van die lichaampjes tegen elkaar. ADAM ging nu na, hoe de viscositeit zou zijn van normaal en lakkleurig bloed bij verdunning met het eigen plasma. Hij geeft hiervan het volgende staatje:

	η	Hgb. n. S.	Aantal roode bloedlichaampjes	Lakkleurig bloed η	Hgb.
bloed	5.10	84	4.770.000	5.00	81
0.1 plasma	4.30	76	4.248.000	4.26	75
0.9 bloed					
0.2 pl.	3.87	69	3.770.000	3.81	66
0.8 bl.					
0.4 pl.	3.54	60	3.250.000	3.14	50
0.6 bl.					
0.6 pl.	2.75	41	2.110.000	2.95	29
0.4 bl.					
0.8 pl.	2.29	21	1.240.000	2.20	15
0.2 bl.					
0.9 pl.	2.19	8.5	672.000	2.00	6
0.1 bl.					
plasma	1.85				

Dat de waarden voor het lakkleurig bloed iets kleiner zijn, dan bij het normale bloed, zou veroorzaakt worden, doordat met de stromata ook haemoglobine verloren gaat.

ADAM bepaalde naast de viscositeit van het bloed, steeds ook die van het plasma. verder werden de roode bloedlichaampjes geteld, het haemoglobinegehalte vastgesteld en een haematokrit-bepaling gedaan.

Onder zijn gevallen waren er, waar alle factoren gelijk waren, maar waarbij η van het plasma verschilde; wat zich nog sterker uitdrukte in de η van het geheele bloed. Hij geeft daarvan de volgende voorbeelden.

η bloed . . .	3.8	4.6	5.0	3.9
η plasma . . .	1.82	2.41	2.47	1.82
Aantal roode				
bl.lichaampjes	4.500.000	4.720.000	5.272.000	5.220.000
Hgb.	75	75	75	75
Volume proc.				
bl.lichaampjes	40.1	40.2	46.1	45.5

Tenslotte ging hij den invloed van JK na. Hij onderzocht 30 gevallen. Hierbij vond hij een verlaging van de viscositeit in 6 gevallen. Hiervoor was 3 gr. per dag noodig, van 1.5—2 gr. zag hij geen effect. Bij 4 van deze 6 zag hij ook een vermindering van η voor het plasma; bij de andere 2 een vermindering van het volumen van de bloedlichaampjes bij gelijk blijven van η voor het plasma. Of dus inderdaad een joodkali medicatie viscositeitsverlagend werkt, blijft volgens ADAM een open vraag. In sommige gevallen vond hij integendeel η voor het bloed hooger na de medicatie.

Zijn slotconclusie luidt:

„Bei einem Viskositätswert des gesamtblutes gestattet erst

die gleichzeitige Feststellung der Zahl der roten Blutkörper, des Hämoglobingehaltes, der Volumprocente der körperlichen Elemente und der Viskosität des Plasmas einen bescheidenen Einblick in die grosse Zahl der Möglichkeiten, an welchen Punkt viskositätsverändernde Faktoren eingesetzt haben, die bei der fortwährenden Wechselwirkung zwischen Blut und Gewebsflüssigkeit so zahlreich sein dürften, dass für verschiedene Gefässbezirke nicht einmal der gleiche τ -Wert erwartet werden kann. Darin liegt die Schwierigkeit von Viskositätsbestimmungen des Blutes nach meiner Ansicht und nicht in der *Technik der Ausführung* der Bestimmung *die nicht zu vereinfachen, sondern eher zu verfeinern ist*. Deshalb muss reines, unvermisches Blut zur Untersuchung verwendet werden und es darf auch nicht vom Arbeiten bei Bluttemperatur abgegangen werden, denn nach den Kurven GETMANN'S ist der Temperaturkoeffizient der einzelnen Salze für jeden Temperaturgrad ein ganz verschiedener. Infolge dessen kann die Temperaturregulation nicht einfach rechnerisch vorgenommen werden.

SAMENVATTING DER RESULTATEN.

Bijna alle onderzoekers zijn het er over eens, dat er tusschen het aantal *roode bloedlichaampjes* en de viscositeit parallellisme bestaat. De stijging van de viscositeit bij toenemend aantal roode bloedlichaampjes is wel vrij regelmatig, maar neemt in verhouding sterker toe dan het aantal. BECK meent in tegenstelling met de anderen, dat de bloedlichaampjes niet den minsten invloed op de viscositeit zouden hebben, maar veeleer het fibrine en de kolloïden. KORÁNYI, BENEC en ADAM wezen op den invloed van vormveranderingen der roode bloedlichaampjes.

BACHMANN leidde uit een geval van leukaemie met lage viscositeit bij normaal aantal roode en 52000 *witte bloedlichaampjes* af, dat deze laatste van weinig invloed op de viscositeit zouden zijn. ROTKY en KOTTMANN hebben dergelijke gevallen waargenomen, waarbij echter door haematokrietbepalingen bleek, dat het volumen aan vaste elementen verminderd, de quantiteit plasma vermeerderd was.

Volgens ROBERT-TISSOT zouden ook de bloedplaatjes een belangrijke rol bij de viscositeit spelen.

De viscositeit van het *serum* schommelt tusschen betrekkelijk nauwe grenzen en heeft dus weinig directen invloed op de totale viscositeit, wel indirect door osmotische processen tusschen serum en cellige elementen van het bloed.

De waarde van η er van zou recht evenredig zijn met het gehalte aan albuminen en het specifieke gewicht.

De osmotische spanning van het serum zou parallel verlopen met de viscositeit, de quantiteit droogrest meestal eveneens.

Injectie van hydrochloras-morphini verlaagt de viscositeit van het serum. Na miltextirpatie zou een belangrijke verhooging ervan optreden, die later weer iets teruggaat.

De inwendige wrijving van het *plasma* wisselt sterker dan van het serum. Een groot koolzuurgehalte van het bloed verhoogt, hoewel in geringe mate, de viscositeit van het plasma, niet van het serum.

De verhouding tusschen specifiek gewicht en viscositeit is voor het plasma constanter dan voor het bloed.

Suspensies van bloedlichaampjes in plasma hebben een veel hooger viscositeit dan in NaCl-oplossingen.

Bij gelijk aantal roode bloedlichaampjes, haemoglobinegehalte en volumeprocent bloedlichaampjes kan toch de η van het plasma verschillen.

Na-, K- en Rb-jodide en KBr. werken negatief, NaBr, Mg- en Na-sulfaat positief visceus bij toevoeging aan plasma.

Acute phosphorvergiftiging verhoogt de viscositeit van het plasma, van het bloed niet altijd.

Bij nephritis was η voor het plasma meestal verhoogd, voor het bloed verlaagd.

Bij intraveneuze keukenzout-infusies daalt η voor het plasma in mindere mate dan voor het bloed.

De viscositeit van het *bloed* gaat binnen wijde grenzen parallel met het watergehalte, het aantal roode bloedlichaampjes, het specifiek gewicht en het haemoglobine gehalte.

Stijgende temperatuur doet haar regelmatig afnemen.

Koolzuurrijk bloed heeft een veel hooger viscositeit dan arterieel bloed.

Hoe kleiner de viscositeit des te grooter zou de stollings-tijd zijn.

Successieve vermeerdering van de viscositeit zou volgens MAYER gepaard gaan met successieve vermindering van de osmotische kracht.

Verder blijken van invloed te zijn: voeding, tijd van den dag, jaargetijde, plaats vanwaar het bloed verkregen wordt, spierarbeid, menstruatie, ouderdom en geslacht.

Van de chemische stoffen schijnen: phenylhydrazine, phosphor, gelatine, coffein, aether, adrenaline, nicotine, chloral, sulfas chinini, curare, chloornatrium en magnesium-sulfaat de viscositeit te verhoogen; water, cognac, kamfer, chloroform, amylnitriet, mineraalwater, ammonia, galzure natron, amylalcohol, kaliumnitraat, en ammoniumacetaat deze te verlagen. Verschillend resultaat werd verkregen met alcohol, joodkali, joodnatrium en bromiden.

Licht-, warme lucht- en koudwaterbaden zouden de viscositeit verhoogen, heetwaterbaden deze verlagen.

Pneumonie, meningitis, encephalorhagie, thrombose, diphtherie, diabetes, icterus, tuberculose, polycythaemie, en alle circulatie- en respiratiestoornissen, die met cyanose gepaard gaan, zouden de viscositeit verhoogen. Het omgekeerde zou men vinden bij: typhus, myxoedeem, lues hereditaria en meestal bij anaemie en nephritis. Leukaemie geeft meestal verhoogde, soms echter verlaagde viscositeit.

Voor verdere bijzonderheden raadplege men het historische overzicht.

EIGEN ONDERZOEK.

In 1907 ben ik begonnen waarnemingen omtrent de viscositeit van het bloed te doen met het toestelletje van DU PRÉ DENNING en WATSON. Al spoedig bleek dit ondoelmatig.

Vooreerst is een brengen van de capillair op 37° , door het toestelletje door een spiritusvlam te halen en dan den proefpersoon in de hand te geven, niet bijster exact te noemen. Daarbij stroomt de vloeistof niet onder constanten druk. Ook bleek de uitvoering van de waarneming verre van gemakkelijk.

De menschen vinden een prik in het oorlelletje veel onaangenameer dan in den vinger.

Herhaaldelijk kwam er bij den eersten prik niet dadelijk een voldoende hoeveelheid bloed, maar een enkele druppel, die dan vaak stolde, in plaats van in de capillair te vloeien. Ook dikwijls stolde het bloed, halfweg de capillair; deze is dan moeilijk schoon te maken, vooral is een neerslag van bloed op den wand van de bolvormige verwijding uiterst moeilijk te verwijderen. Tenslotte was de bijgeleverde chronometer van inferieure kwaliteit.

Een en ander was dan ook de oorzaak, dat het ver-

schijnen van den *Determannschen toestel* met vreugde werd begroet. Doch ook dit apparaat kon mij niet bevredigen. Foutief is het bij dit toestel te noemen, dat de waarnemingen bij kamertemperatuur gedaan moeten worden en dat de bloedlichaampjes kunnen sedimenteeren op den bodem van de ellipsoïde-vormige verwijdingen van de capillair.

Bovendien zien we tijdens de waarneming zoowel in het bovenste als in het onderste vat een meniscus, die voortdurend van vorm verandert en waarvan we den invloed niet kennen.

Deze bezwaren voerden tot de constructie van een anderen viscosimeter en terwijl hiermede waarnemingen gedaan werden verscheen de *viscosimeter van Hess*. Deze munt uit door handigheid in het gebruik, maar ook hiertegen zijn verschillende bezwaren aan te voeren. Vooreerst moeten de waarnemingen bij kamertemperatuur gebeuren. Bovendien geeft de thermometer op het toestel wel de kamertemperatuur, maar niet die van de vloeistof in de capillairen aan. Tot belangrijke fouten kan ook leiden de omstandigheid, dat de temperatuur van de „watercapillair” belangrijk afwijkt van die van de „bloedcapillair.” Daarin wordt n.l. levenswarm bloed opgezogen en bovendien komt deze capillair in innige aanraking met de hand en de uitademingslucht van den onderzoeker. Door DETERMANN is aangetoond, dat door deze laatste twee omstandigheden een dunne capillair in korten tijd een $10-12^{\circ}$ C. hogere temperatuur aanneemt dan zijn omgeving. Voor water is η bij 15° 0.01134; bij 25° 0.00891; men ziet tot welke belangrijke afwijkingen dergelijke temperatuurverschillen aanleiding kunnen geven. De capillair is betrekkelijk kort en zijn afmetingen zijn zeer moeilijk te bepalen.

Door LEWY werd gevonden, dat de grootste weerstand voor de circulatie voor rekening komt van de kleinere en kleinste

arterien en slechts $\frac{1}{14}$ van den totalen bloeddruk door de eigenlijke capillairen verbruikt wordt. Hiermee in overeenstemming zijn door de meeste onderzoekers capillairen gebruikt met een doorsnede van 0.25—0.5 mM. Die van HESS is zeer veel kleiner.

Men kan, daar HESS geen hirudine gebruikt, met hetzelfde bloed maar één waarneming doen, zoodat men daardoor niet de minste controle heeft.

De toestel is soms zeer moeilijk schoon te maken.

Verder blijft in de capillair na elke waarneming ammoniak achter, dat bij de eerstvolgende proef door het bloed „mitgeschwemmt,” wordt. Het lijkt mij niet onwaarschijnlijk, dat daarbij een deel in het bloed oplost en zodoende op de viscositeit invloed uitoefent. Tijdens het doorstroomen is de capillairwand niet bedekt met een laagje serum in ruste, maar met een laagje aether of aether + serum.

Een eerste eisch bij het publiceeren van waarnemingen is, dat men zoo nauwkeurig mogelijk de uitvoering ervan vermeldt. Alleen zodoende kan men ten allen tijde de proeven herhalen en de uitkomsten controleeren. De afmetingen van de gebruikte toestellen dienen dus nauwkeurig bekend te zijn. Aan dezen eisch hebben slechts zeer enkele van de in de vorige bladzijden genoemde auteurs voldaan.

Waar verder getracht wordt een inzicht te krijgen in physiologische processen, zal men ook bij de proefnemingen toestanden zien te scheppen, die zoo dicht mogelijk bij de physiologische komen. In casu is dus bij het onderzoek van een levend weefsel als bloed, een temperatuur van 37° onontbeerlijk.

Een *watermantel* met bijbehorenden *thermostaat* kan dus niet gemist worden.

De *druk* moet constant en bekend zijn.

Het is gewenscht *meerdere waarnemingen met hetzelfde bloed* te kunnen doen, ter vermindering van eventueele waarnemingsfouten, en dit mag daarbij *niet stollen*.

Daar in de formule r in de vierde macht voorkomt, moet de *capillair* zoo *gelijkmatic mogelijk* zijn. Deze behoort vrij lang en *in al hare afmetingen bekend* te zijn.

Deze voorwaarden in aanmerking nemende, werd de volgende viscosimeter geconstrueerd.

EEN GEWIJZIGDE VISCOSIMETER NAAR HET PRINCIPE HARO-DETERMANN.

Uit een groot aantal capillairen van ± 0.5 m.M. doorsnede, werd de zuiverste uitgekozen en afgesneden op een lengte van 70 c.M. De uiteinden werden puntig afgeslepen. Er werden vijf deelstrepen aangebracht, zóó, dat $AB = CD = EF = 20$ c.M. en $BC = DE = 5$ c.M. is.

Om deze capillair wordt een glazen mantel aangebracht, aan weerszijden gesloten door de gummikurken K_1 en K_2 , waar de capillair doorheen steekt. Door middel van een koperen montuur, waaraan de huls H, is de buis draaibaar opgesteld op twee koperen kolommen, die door middel van schroeven loodrecht bevestigd zijn op de ijzeren voetplaat, die een waterpas draagt. Door middel van deze laatste en van het schietlood S en met behulp van schroeven zijn de kolommen en daarmee de capillair zuiver verticaal te stellen. De glazen mantel heeft in het midden een zijopening, gesloten door een gummikurk K_3 , met 3 openingen. Door de middelste gaat een thermometer, nauwkeurig tot op $\frac{1}{10}^\circ$ C. Door de beide anderen 2 glazen buisjes, verbindingsstukjes tusschen gummislangetjes, waarvan een in den glasmantel, en de ander naar den thermostaat gaat. Het warme water uit den thermostaat komt door G_1 den glasmantel binnen, doorloopt dezen geheel en treedt door G_2 weer uit. ¹⁾

¹⁾ De toestel is vervaardigd door den heer Boom, amanuensis aan het physiol. laboratorium te Groningen.

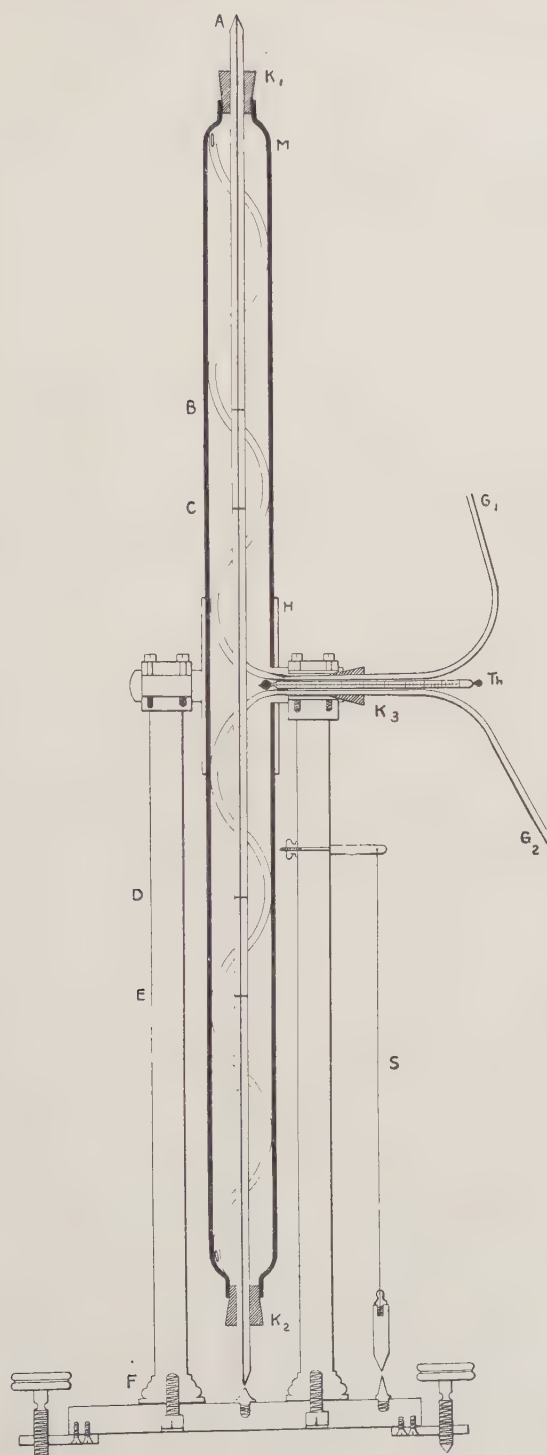


Fig. 9.

De thermostaat bestaat uit een grooten koperen bak met water, dat door middel van een toluolregulator op een constante temperatuur wordt gehouden. Door dezen bak loopt een spiraalvormige 5 M. lange koperen buis, die aan de eene zij met de waterleiding en aan den anderen kant, met de buis G, van den watermantel verbonden is. De temperatuur van het water in den bak en de stroomsnelheid door de spiraal werden zoo geregeld, dat de thermometer in den viscosimeter 37° wees.

De waarnemingen werden als volgt gedaan. De proefpersoon houdt zijn hand ongeveer 15 minuten in water van $\pm 37^{\circ}$ C; daarop wordt de hand met een ruwen handdoek stevig afgewreven en op een der vingertoppen met een spateltje een korreltje droog hirudine volgens JACOBI (fabrikaat Sachse, Leipzig) gebracht. Dan wordt met de naald, vgl. FRANCKE, een flinken prik gegeven en door middel van een gummislangetje op A, de spontaan te voorschijn getreden bloeddroppels opgezogen door het uiteinde bij F tot ongeveer bij D. Daarop wordt het slangetje bij A losgemaakt en de buis 180° gedraaid, waarop het bloed naar A stroomt, dan wordt weer 180° gedraaid en nu door middel van een stukje filtreerpapier, linnen lapje of watten propje voorzichtig bij F zooveel bloed weggenomen, tot de bloedkolom juist tusschen E en F staat. De capillairwand is dus nu geheel met een onberekenbaar dun laagje serum bedekt. De capillair wordt thans verticaal gesteld en, door middel van een chronometer op $\frac{1}{10}$ seconde nauwkeurig afgelezen de tijd, die het bovenste niveau van den bloedkolom behoeft om van D naar C te komen. Gedurende den tijd, dat dit niveau tusschen C en B staat, heeft men gelegenheid de capillair 180° te draaien en daarop den tijd tusschen C en D af te lezen. Daarop herhaalt zich alles.

Men kan zoodoende met hetzelfde bloed zonder bezwaar 10 tot 20 of meer waarnemingen achter elkaar doen. Daarop kan de druppel bloed gebruikt worden voor een bepaling van het soortelijk gewicht of het haemoglobinegehalte.

Tijdens het omslaan van de capillair, zorgt een luchtbel dat het water in den glasmantel flink doorgeroerd wordt.

Het soortelijk gewicht werd bepaald volgens de methode van HAMMERSCHLAG gewijzigd door VAN SPANJE. Deze komt hierop neer, dat men bepaalt, wanneer een druppel bloed van het te onderzoeken bloed blijft zweven in een mengsel van oleum olivarum en chloroform, waarna men het soortelijk gewicht van het mengsel bepaalt, dat dan natuurlijk gelijk is aan het soortelijk gewicht van het bloed. Zakt de druppel naar den bodem, dan voegt men chloroform toe, stijgt hij of blijft hij vlak onder het vloeistofniveau hangen, dan wordt olijfolie toegevoegd, tot tenslotte de druppel rustig in het midden blijft zweven.

Daar het natuurlijk noodzakelijk is, dat het mengsel volkomen homogeen is, moet het na ieder toevoeging duchtig dooreengeroerd worden. Om daarbij den druppel niet uiteen te doen vallen, vischte ik dezen, naar het voorbeeld van VAN SPANJE met een glazen scheppertje ¹⁾ uit het cilinderglas met het mengsel.

Na toevoeging van olie of chloroform en flink dooreenroeren wordt daarop de bloeddruuppel weer voorzichtig in het mengsel gebracht en door zacht schudden van het scheppertje verwijderd.

Zoo noodig herhaalt men deze manipulatie. Voor het omroeren werd een thermometer gebruikt, waarop men dan tevens de temperatuur kan aflezen. Immers, het is van veel

¹⁾ Vervaardigd door den heer BOOM, amanuensis physiol. lab.

belang, dat deze constant blijft; is b.v. het soortelijk gewicht van zeker mengsel bij 15° C. 1050', dan is het van ditzelfde mengsel bij 25° C. 1044. VAN SPANJE deed zijn waarnemingen bij 15° en mat het soortelijk gewicht met een areometer. Ik had voor het vaststellen van de absolute γ -waarde bij 37° noodig te kennen het soortelijk gewicht bij 37° . Hier toe werd het cilinderglas door middel van een doorboorde kurk bevestigd in een wijdhalszige flesch van ongeveer 4 L. inhoud en deze gevuld met water, zoodat dit het cilinderglas geheel als een mantel omgaf.

Het geheele instrumentarium bestaat dus uit: bovenbeschreven flesch met cilinderglas, een voorraadflesch met een mengsel van $\frac{3}{4}$ olie en $\frac{1}{4}$ chloroform (s. gew. ongeveer 1056), flesschen met olie en chloroform afzonderlijk, schepertje en thermometer. Dit alles werd in een broedstoof op een constante temperatuur van 38° C. gehouden. Op deze wijze is het mogelijk bij niet al te langzaam manipuleeren, heel spoedig een mengsel te bereiden, dat bij 37° C. juist hetzelfde specifiek gewicht heeft, als het te onderzoeken bloed. Daar areometrische aflezingen veelal vrij onnauwkeurige resultaten geven, maakte ik voor het bepalen van dit gewicht gebruik van den picnometer van C. REISCHAUER met AUBRY'sche verbetering.

Bij gezonde menschen, waarvan de gemiddelde leeftijd 24 jaar was, vond ik met behulp van mijn toestel als gemiddelde waarde der relatieve viscositeitscoëfficiënt 6.743. Deze waarde is vrij wat hooger dan de meeste andere onderzoekers vonden, b.v. HIRSCH en BECK 5.11; BENICE 5.4; HESS 4.57; MÜNZER en BLOCH 5—6; etc.; waarden die echter onderling ook nogal heel wat verschillen. Daar de door mij gevonden gemiddelde waarde hooger ligt, heb ik mij afge-

vraagd of er wellicht een fout in mijn toestel school. Om dit uit te maken heb ik mij gewend tot mijn collega Dr. A. W. VISSER en op diens advies hebben wij daarop de betrouwbaarheid van het toestel met stoffen van bekende en zeer uiteenloopende viscositeit onderzocht. Door VISSER is de in het volgende hoofdstuk gevolgde werkwijze aangegeven en ook aan hem dank ik de daarin voorkomende berekeningen.

BETROUWBAARHEID VAN DEN VISCOSIMETER.

Afmetingen.

AB = 19.964 c.M.

BC = 4.989 „

CD = 19.987 „

DE = 4.996 „

EF = 19.982 „ ¹⁾

De volumina der verschillende gedeelten AB, BC etc. zijn bepaald, door uitweging met kwik. De temperatuur bedroeg 17.7°.

Het stuk AB bevatte 0.4894 gr. kwik van 17.7°.

„	„	BC	„	0.1224	„	„	„	„
„	„	CD	„	0.4946	„	„	„	„
„	„	DE	„	0.1232	„	„	„	„
„	„	EF	„	0.4916	„	„	„	„

Deze getallen moeten gedeeld worden door het spec. gew. van kwik bij 17.7°, om het volumen der verschillende stukken

¹⁾ Dr. A. AALDERINK, assistent aan het fysisch laboratorium was zoo welwillend de lengten der verschillende deelen van de gebruikte capillair voor mij te bepalen; waarvoor ik hem hier nog mijn hartelijken dank betuig.

te leeren kennen. Met behulp hiervan en de bovengenoemde lengten kan men gemakkelijk de straal der verschillende stukken uitrekenen.

Het spec. gew. van kwik bij 17.7° is berekend met de betrekking $V_t = V_0 \left[1 + 0.018161 \left(\frac{t}{100} \right) + 0.000078 \left(\frac{t}{100} \right)^2 \right]$ uitgaande van het spec. gew. bij $0^\circ = 13.59545$ (Zie LANDOLT'S tabellen).

Bij 17.7° wordt hiermede voor kwik gevonden: 13.55185.

De straal van AB kan gemakkelijk gevonden worden uit:

$$\frac{0.4894}{13.55185} = \pi r^2 \times AB$$

$$r^2 = \frac{0.4894}{13.55185 \times 19.964 \times \pi}$$

$$r = 0.02400 \text{ c.M.}$$

Zoo zijn de stralen van de verschillende stukken bepaald en gevonden:

$$r_{AB} = 0.02400 \text{ c.M.}$$

$$r_{BC} = 0.02400 \quad ,,$$

$$r_{CD} = 0.02411 \quad ,,$$

$$r_{DE} = 0.02407 \quad ,,$$

$$r_{EF} = 0.02404 \quad ,,$$

De gemiddelde waarde van de straal is 0.02404 c.M.

Met behulp van deze gegevens is het mogelijk de waarde der viscositeitscoëfficiënt bij een bepaalde temperatuur in absolute maat dus in dynes te bepalen. Hiervoor wordt genomen de betrekking

$$[\eta] = \frac{981}{8\pi} \cdot \frac{q^2 p t}{l v}$$

In deze betrekking is p de druk in grammen, die per c.M² wordt uitgeoefend en de vloeistof door de capillair drijft.

Bij dit toestel is deze kracht het gewicht van den vloeistofkolom EF in grammen, d. i. dus de kracht, waarmede de aarde deze vallende massa aantrekt. Is de lengte van $EF = h$ cM, de doorsnede $= q$ cM² en het spec. gew. der vloeistof, die zich door de capillair beweegt $= s$, dan is die kracht $= qhs$ gram, maar dit is de kracht per q cM², dus per cM² is de druk $= hs$ gram.

De vorige formule kan aldus worden geschreven:

$$[\eta] = \frac{981}{8\pi} \cdot \frac{q^2 h s t}{lv}.$$

Hierin is dus:

$[\eta]$ de viscositeitscoëfficiënt in dynes.

q de doorsnede van CD in cM².

h de lengte van EF in cM.

s het soortelijk gewicht der vloeistof.

t de doorlooptijd.

l de lengte van CD in cM.

v het volumen van het stuk EF in cM³.

Dus is:

$$q = \frac{0.4946}{13.55185 \times 19.987}; h = 19.982; l = 19.987;$$

$$v = \frac{0.4916}{13.55185}; \pi = 3.14159.$$

dus:

$$[\eta] = \frac{981 \times 0.4946^2 \times 19.982}{8 \times 3.14159 \times 13.55185 \times 19.987^3 \times 0.4916} st.$$

De waarde van de breuk voor st is, voor alle proeven dezelfde, daar altijd van E tot F werd opgezogen, zoodat

$$\frac{981}{8\pi} \cdot \frac{q^2 h}{lv} = C \text{ gesteld kan worden.}$$

$$\log C = 0.5547234 - 3 \text{ en } C = 0.0035869.$$

De formule van het toestel, dat voor de proeven gebruikt is, wordt: $[\eta] = Cst.$

Bruikbaarheid van het toestel.

De vraag of het toestel werkelijk waarden geeft voor de viscositeitscoëfficiënt in absolute maat, kan beantwoord worden, door deze coëfficiënt te bepalen van vloeistoffen en oplossingen, door andere onderzoekers met behulp van betrouwbare toestellen onderzocht. Het is hiervoor noodzakelijk stoffen te kiezen, waarvan de viscositeitscoëfficiënten zeer veel verschillen. Daarom werd, ter contrôle van het toestel, de volgende keuze gedaan.

- a. Water.
- b. Aniline.
- c. Rietsuikeroplossingen.

De viscositeitscoëfficiënt van water.

Deze is door verschillende onderzoekers bij verschillende temperaturen bepaald. De waarden zijn in nevenstaande tabel gegeven.

Uit deze tabel blijkt, dat de waarden, door de verschillende onderzoekers gevonden, onderling niet veel verschillen en bovendien, dat de viscositeitscoëfficiënt zeer veel verandert met de verhooging van de temperatuur. Water van 25° heeft een viscositeitscoëfficiënt, die de helft bedraagt van die van water van 0°. Water van 60° à 65° stroomt door een bepaalde capillair viermaal zoo snel als water van 0°, n.l. als de druk in beide gevallen dezelfde is. Deze veranderlijkheid met de temperatuur geldt niet alleen voor water, maar voor alle tot dusver onderzochte vloeistoffen en oplossingen. Door THORPE en RODGER zijn 69 verschillende vloeistoffen bij allerlei temperaturen onderzocht en voor elke stof is door deze onderzoekers

Temp.	Poiseuille ¹⁾ 1846.	Sprung ²⁾ 1876.	Slotte ³⁾ 1883.	Thorpe en Rodger ⁴⁾ 1894.	Hosking ⁵⁾ 1899.
0°	0.01776	0.01778	0.01808	0.01778	0.01794
5°	0.01515	0.01510	0.01524	0.01510	0.01520
10°	0.01309	0.01301	0.01314	0.01303	0.01309
15°	0.01146	0.01135	0.01144	0.01134	0.01143
20°	0.01008	0.01003	0.01008	0.01002	0.01009
25°	0.00897	0.00896	0.00898	0.00891	0.00897
30°	0.00803	0.00802	0.00803	0.00798	0.00802
35°	0.00721	0.00723	0.00724	0.00720	0.00724
40°	0.00653	0.00657	0.00657	0.00654	0.00657
45°	0.00595	0.00602	0.00602	0.00597	0.00601
50°		0.00553	0.00553	0.00548	0.00553
55°			0.00510	0.00506	0.00510
60°			0.00472	0.00468	0.00472
65°			0.00438	0.00436	0.00437
70°			0.00408	0.00406	0.00407
75°			0.00382	0.00380	0.00382
80°			0.00358	0.00356	0.00360
85°			0.00337	0.00335	0.00339
90°			0.00318	0.00316	0.00320
95°			0.00301	0.00299	
100°			0.00285	0.00283	

de temperatuurfunctie gegeven ⁶⁾. Hier zal enkel overgenomen worden de betrekking voor water, door bovengenoemde onderzoekers gegeven, om de absolute waarde voor water te

¹⁾ POISEUILLE, Mem. à l'acad. 9, 433 (1846).

²⁾ SPRUNG, Pogg. Ann. 159, 1 (1876).

³⁾ SLOTTÉ, Wied. Ann. 20, 257 (1883).

⁴⁾ THORPE en RODGER, Phil. Trans. 185, 397 (1894). Proc. Roy. Soc. 55, 148 (1894).

⁵⁾ HOSKING, Phil. Mag. [5], 49, 284 (1900).

⁶⁾ Zie voor de afhankelijkheid van de viscositeit van de temperatuur: WINKELMANN, Handbuch der Physik, 2^e Auflage I, 2, 1385.

kunnen berekenen bij temperaturen, waarbij door mij waarnemingen zijn gedaan. Deze betrekking is:

$$\eta = \frac{5.9849}{(43,252 + t)^{1,5423}}.$$

Hieruit blijkt dus, dat het voor het meten van viscositeitscoëfficiënten noodzakelijk is de temperatuur standvastig te houden.

Eigen waarnemingen van water.

Deze zijn voor de verschillende temperaturen in de volgende tabel weergegeven.

temp.	Spec. gewicht ¹⁾	doorloops- tijd in sec.	$[\eta]$.	$[\eta]$ van andere onderzoekers.
9.2°	0.999800	4.15	0.01455	0.01332
10°	0.999736	3.8	0.01389	0.01307
15°	0.999143	3.302	0.01183	0.01140
18°	0.998640	3.0254	0.01084	0.01049
20°	0.998252	2.94	0.01053	0.01006

Bij 9.2° en 18° zijn de waarden in de vijfde kolom berekend met bovengenoemde formule en bij 10°, 15° en 20° zijn de gemiddelde waarden genomen uit de tabel voor water op pag. 103 gegeven.

Uit deze tabel blijkt, dat de waarden uit onze eigen onderzoekingen allen hooger zijn, dan die door anderen gevonden.

Voor deze afwijking zal later eene verklaring worden gegeven.

De viscositeitscoëfficiënt van Aniline.

Deze is bepaald door WIJKANDER bij 12°, 20° en 60° en door J. MÜHLENBEIN bij 25°. Door WIJKANDER werd gevolgd

¹⁾ De spec. gew. zijn overgenomen uit LANDOLTS tabellen.

de methode van WIEDEMAN en SPRUNG.¹⁾ De getallen bij deze temperaturen door dezen onderzoeker gevonden, zijn overgenomen uit LANDOLTS tabellen.

Door MÜHLENBEIN²⁾ is de door OSTWALD aangegeven methode gevolgd.³⁾ Met behulp van dit toestel worden wel is waar relatieve waarden gevonden, maar uit de door den onderzoeker gegeven getallen is de absolute waarde te berekenen. De relatieve waarde voor aniline bij 25° is volgens deze waarnemingen 4.1714, d.w.z., dat de absolute waarde $4.1714 \times$ zoo groot is als de absolute waarde voor water bij deze temperatuur. De gemiddelde waarde hiervan is volgens de tabel op pag. 103 0.00896, zoodat voor aniline bij 25° $[\eta] = 0.0374$.

Eigen waarnemingen.

Hiervoor werden 25 c.M.³ aniline puriss. van MERCK gedestilleerd en de middenfractie, die een standvastig kookpunt had van 183.6° werd opgevangen en voor de proeven gebruikt. Deze vloeistof was kleurloos. Voor de berekening was noodig een juiste kennis van het spec. gewicht.

Door WEEGMANN⁴⁾ wordt hiervoor voor aniline de volgende betrekking gegeven:

$$d_t^4 = 1.03852 + 0.0007952t - 0.00000144t^2.$$

Met behulp hiervan berekent men:

¹⁾ Pogg. Ann. XCIX 177 (1856) en CLIX (1876).

²⁾ Über die innere Reibung van Nichtelectrolyte. Dissertatie Leipzig 1901.

³⁾ Z. physik. Chem. 1, 285 (1887). Zie ook LANENSTEIN u. KANITZ. Z. physik. Chem. 22, 336 (1897).

⁴⁾ Z. physik. Chem. 2, 236.

$$d_{12}^* = 1.02877.$$

$$d_{20}^* = 1.02204.$$

$$d_{25}^* = 1.01774.$$

MÜHLENBEIN geeft als spec. gew. van aniline bij 25°, wanneer dat van water bij deze temp. = 1 is, 1.02012; dit getal wordt, vergeleken met water van 4°, 1.0172, een getal dat weinig met het uit de formule van WEEGMANN berekende getal verschilt.

De verschillende voor aniline gevonden waarden worden in onderstaande tabel weergegeven.

temp.	Spec. gew.	doorloopstijd in sec.	$[\eta]$.	$[\eta]$ van Wijkander en Mühlenbein.
12°	1.02877	16.32	0.0602	0.0602
20°	1.02204	12.	0.0440	0.0447
25°	1.01774	10.02	0.0366	0.0374

Uit deze getallen blijkt, dat de beide laatste waarnemingen onderling ± 2 % verschillen, maar dergelijke verschillen vindt men ook bij andere onderzoekers. In de tabel op pag. 103 vindt men voor water bij 0° door POISEUILLE b.v. gegeven 0.01776 en door SLOTTE 0.01808. Deze kleine verschillen worden veroorzaakt door waarnemingsfouten die onvermijdelijk zijn.

De viscositeitscoëfficiënt van Rietsuikeroplossingen.

Door HOSKING ¹⁾ zijn, volgens de methode van THORPE en RODGER, rietsuikeroplossingen onderzocht van 1 %; 5 %; 10 %; 20 %; 40 %; (gewichtsprocenten). Mijn doel was een vloeistof te onderzoeken, waarvan de viscositeitscoëfficiënt een hooge

¹⁾ Phil. Mag. [5] 49, 274 (1900).

waarde bezit en daarom is uit deze onderzoekingen genomen de 40 % oplossing, waarvan bij verschillende temperaturen door den schrijver de volgende waarden worden gegeven:

Temp.	$[\eta]$.
0°	0.1476
8.87°	0.0939
12.79°	0.0798
20.23°	0.06004
29.98°	0.04233
40.44°	0.03100
50.31°	0.02390
60.51°	0.01884
70.06°	0.01550
80.32°	0.01279
90.11°	0.01086

PRINSEN GEERLIGS ¹⁾ heeft de viscositeit bepaald van riet-suikerstroopen. Hiervoor werd gebruik gemaakt van den toestel van ENGLER, een apparaat, dat in de techniek wordt gebezigd, om de viscositeit te bepalen van oliën etc.; dus stoffen met hooge viscositeitscoëfficiënt. Door den schrijver worden alleen doorlooptijden gegeven, maar daar de afmetingen van het gebruikte toestel nauwkeurig vermeld worden, kunnen de absolute waarden gemakkelijk worden berekend.

Volgens een attest, afgegeven door de Physikalisch-technische Reichsanstalt te Charlottenburg, bedroeg bij het door den schrijver gebruikte apparaat, de uitvloeitijd van 200 c.M.³ water bij 20° C. 53 seconden; de lengte van het platina uitvloeibuisje 20.1 m.M. en de diameter daarvan boven 2.9 en onder 2.8 m.M. De diameter van het van binnen ver-

¹⁾ Arch. voor Javasuikerindustrie, 1903, pag. 3.

gulde binnenste vat is 107 m.M. en de hoogte der niveau-punten boven de uitvloeioopening is 51.9 m.M.

Hierbij volgt de afbeelding van den viscosimeter van ENGLER. Het vat A. bestaat uit messingblik en is van binnen verguld. Dit vat wordt gesloten door een deksel A'. In het deksel

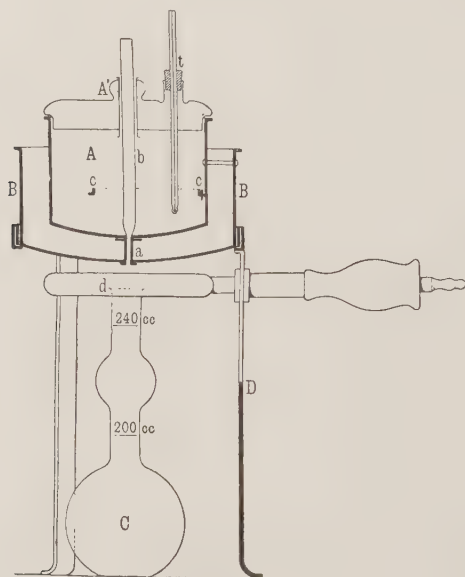


Fig. 10.

bevinden zich de thermometer *t* en een stift *b* van hard hout, die de capillair *a*, welke van boven een doorsnede van 2.9 m.M. en van onderen 2.8 m.M. bezit, en van platina is vervaardigd, afsluit. De toestel wordt tot de merkpunten *c* nauwkeurig gevuld met de vloeistof, waarvan wij de viscositeit willen bepalen. Het buitenvat B wordt gevuld met een vloeistof, die op standvastige temperatuur wordt gehouden met behulp van de verhittingsbuis *d*.

Uit de teekening blijkt, dat ook de capillair *a* door deze vloeistof is omgeven. Het apparaat is op een drievoet D be-

vestigd en onder de capillair wordt een kolf C geplaatst, die 2 merkteekens heeft, één voor 200 c.M³. en één voor 240 c.M³.

Er treden bij dit toestel twee omstandigheden op, waarmee bij het bepalen van de viscositeitscoëfficiënt rekening gehouden moet worden.

1°. Is de capillair kort en heeft een tamelijk groote diameter.

2°. Stroomt de vloeistof vrij uit.

De eerste omstandigheid zou kunnen veroorzaken, dat er in de buis turbulente bewegingen optreden, die dan tengevolge zouden hebben, dat de wet van POISEUILLE voor dit toestel niet meer geldt. OSBORNE REYNOLDS ¹⁾ heeft aangetoond, dat deze bewegingen niet optreden, wanneer de uitvloeisnelheid maar kleiner is dan $\frac{1000[\eta]}{rs}$.

Hierin is $[\eta]$ de viscositeitscoëfficiënt in dynes; r de straal van de capillair en s het soortelijk gewicht der vloeistof.

Voor water van 20° is:

$[\eta]_{20} = 0.010015$ volgens THORPE en RODGER.

$r = 0.1425$ c.M.

$s_{20} = 0.998252$.

Zetten wij deze waarden in bovenstaande formule, dan vinden wij, dat geen turbulente bewegingen optreden, als de uitvloeisnelheid kleiner is dan 70.4 c.M.

Wij hebben dus te onderzoeken of voor het door PRINSEN GEERLIGS gebruikt toestel aan deze voorwaarde wordt voldaan.

In 53 seconden stroomt door de capillair, waarvan de doorsnede πr^2 is, 200 c.M³. water. De uitvloeisnelheid is $= \frac{200}{\pi r^2 t}$.

$r = 0.1425$.

$t = 53$.

¹⁾ Phil. Trans. 174, 935 (1883).

„ „ 186, 123 (1895).

De hieruit berekende uitvloeisnelheid = 59.15 c.M.

Wij zien, dat wij voor water nog' aanmerkelijk beneden de 70.4 c.M. blijven.

Voor suikerstroopen wordt dit verschil nog grooter, daar t , de doorlooptijd zooveel grooter wordt. Turbulente bewegingen treden dus niet op.

De tweede onstandigheid, het vrij uitvloeien in de lucht, veroorzaakt, dat een correctie dient aangebracht te worden. Hierover vinden wij in het „Lehrbuch der Praktischen Physik” van FR. KOHLRAUSCH Elfte Aufl. (1910) op pag. 256.

„Fliisst die Flüssigkeit unten in einem Strahle in die Luft aus, so nimmt das volumen v , welches in der Zeit t austritt

die Bewegungsenergie $\frac{sv^3}{q^2t^2}$ mit, d.h. von den ganzen Arbeit

$ghsv$ den Bruchteil $\delta = \frac{v^2}{ghq^2t^2}$; um denselben Bruchteil also ist

Reibungsarbeit zu grosz berechnet worden, d.h. dass nach dem Poiseuille'schen Gesetz berechnete $[\eta]$ wäre mit $(1 - \delta)$ zu multiplicieren.”

Wij zullen in de eerste plaats uit bovenstaande gegevens de $[\eta]$ voor water van 20° berekenen. De wet van POISEUILLE is:

$$[\eta] = \frac{g}{8\pi} \cdot \frac{q^2 h s t}{l v} = \frac{g \pi r^4 h}{8 l v} s t.$$

Hierin is hs de kracht, die de vloeistof door de capillair drijft in grammen per c.M² en h de z.g. drukhoogte. Deze dienen wij voor dit toestel nog te bepalen.

De hoogte van de lijn cc (zie fig. 10) tot het uiteinde der capillair is 5.19 c.M. Er stroomt een volume van 200 c.M³ uit, terwijl de diameter van den binnenbak 10.7 c.M ($R = 5.35$ c.M) is, derhalve is:

$$\pi R^2 h^1 = 200$$

$$h^1 = 2.25 \text{ c.M.}$$

Dit wil dus zeggen, dat de vloeistof 2.25 c.M. zakt, als er een volume van 200 c.M³ is uitgestroomd. De kracht hs is dus niet standvastig, maar daar de beweging door den capillair eenparig is, mogen wij de gemiddelde kracht dus de gemiddelde hoogte nemen. Deze is dus $5.19 - \frac{2.25}{2} = 4.065 \text{ c.M.}$

In de formule is dus:

$$g = 981.$$

$$r = 0.1425.$$

$$h = 4.065.$$

$$l = 2.01.$$

$$v = 200.$$

$$\left. \begin{array}{l} s_{20} = 0.998252 \\ t = 53 \end{array} \right\} \text{ voor water, gemeten te Charlottenburg.}$$

Hieruit vinden wij:

$$\gamma_{20} = 0.08498.$$

Deze waarde moet nog vermenigvuldigd worden met de correctie van de bewegingsenergie $(1 - \delta)$ waarin

$$\delta = \frac{v^2}{ghq^2t^2}.$$

Met behulp van bovenstaande getallen vinden wij:

$$\delta = 0.87745$$

$$1 - \delta = 0.12255$$

dus is $[\eta] = 0.08498 \times 0.12255 = 0.0104 \text{ dynes.}$

Uit de onderzoeken van anderen is $[\eta_{20}] = 0.0100$ voor water. Deze getallen verschillen wel is waar nog al, maar dit is niet te verwonderen, als wij bedenken, dat de aan te brengen correctie zoo belangrijk is.

Zooals blijken zal, bedraagt deze voor de rietsuikerstroopen

veel minder, zoodat te verwachten is, dat de voor die oplossingen gevonden waarden, dicht bij de absolute zullen liggen.

Wij kunnen nu overgaan tot de berekening van de viscositeitscoëfficiënt der suikerstroopen door PRINSEN GEERLIGS onderzocht. De schrijver geeft enkel doorlooptijden. Het soortelijk gewicht van rietsuikeroplossingen is nauwkeurig bepaald door F. PLATO ¹⁾ met medewerking van DOMKE en HASTING. Voor ons doel zijn de getallen uit die tabellen overgenomen. Onderzocht zijn een 49.7 % en een 68.1 % rietsuikeroplossing (gewichtsprocenten) bij 28°. Deze oplossingen waren, volgens een persoonlijke mededeeling van PRINSEN GEERLIGS, van zuivere rietsuiker gemaakt.

Het soortelijk gewicht bij 28° van een 49.7 % oplossing is, berekend uit de bovengenoemde tabellen, = 1.22534 en van een 68.1 % opl. = 1.33228. Het soortelijk gewicht van water bij 15° is als eenheid gekozen, zoodat er nog omgerekend moeten worden op water van 4°. Dan is

$$S_{49.7} = 1.22429$$

$$S_{68.1} = 1.33114.$$

Bij de berekening dient nog rekening gehouden te worden met het feit, dat deze proeven door PRINSEN GEERLIGS genomen zijn op het proefstation voor suikerriet in West-Java te Pekalongan, een plaats gelegen op 6° 53' 45" Z.-Br. De versnelling der zwaartekracht is hier kleiner en bedraagt 978 c.M. In de formules moet dus $g = 978$ genomen worden.

De doorlooptijd voor een 49.7 % oplossing is 91 sec. en voor een 68.1 % is 863 sec.

¹⁾ Wissenschaftl. Abh der Kaiserlichen-Normal-Aichungs-commission (1900).

Met behulp van deze gegevens berekent men voor een 49.7 % oplossing bij 28°:

$$\eta = 0.17841$$

$$\delta = 0.29855$$

$$(1 - \delta) = 0.70145$$

dus de absolute waarde $[\eta] = 0.1251$ dynes.

Voor een 68.1 % oplossing bij 28°:

$$\eta = 1.8396$$

$$\delta = 0.00332$$

$$(1 - \delta) = 0.99668$$

dus de absolute waarde $[\eta] = 1.833$ dynes.

Eigen waarnemingen.

De gebruikte rietsuiker werd polarimetrisch onderzocht en volkomen zuiver bevonden.

Gemaakt werden: 40 %; 49.7 % en 68.1 % oplossingen.

Voor de 40 % oplossing werd gevonden:

Bij 16.3°.

$$\text{Sp. gew.} = 1.17791$$

$$t = 16.623 \text{ sec.}$$

$$[\eta] = 0.0702.$$

Bij 23°.

$$\text{Spec. gew.} = 1.17626$$

$$t = 12.844 \text{ sec.}$$

$$[\eta] = 0.0541.$$

Uit de proeven van HOSKING kon door graphische interpolatie (zie tabel pag. 107) voor deze temperaturen voor een 40 % oplossing gevonden worden:

$$[\eta]_{16.3^\circ} = 0.0697.$$

$$[\eta]_{23^\circ} = 0.0544.$$

De beide andere oplossingen werden bij 28° onderzocht.
Voor een 49.7 % oplossing werd gevonden:

$$\text{Spec. gew.} = 1.22429.$$

$$t = 28.453 \text{ sec.}$$

$$[\eta] = 0.1249.$$

Voor een 68.1% oplossing:

$$\text{Spec. gew.} = 1.33114.$$

$$t = 397.2 \text{ sec.}$$

$$[\eta] = 1.896.$$

Brengen wij de gevonden waarden voor de viscositeitscoëfficiënten in onderstaande tabel.

Naam.	Onderzoeker.	Temp.	$[\eta]$	$[\eta]$ uit eigen waarne- mingen.
Water	Thorpe en Rodger . .	9.2°	0.01332	0.01455
"	Gem. uit tab. oppag. 103	10°	0.01307	0.01389
"	"	15°	0.01140	0.01183
"	Thorpe en Rodger . .	18°	0.01049	0.01084
"	Gem. uit tab. oppag. 103	20°	0.01006	0.01053
Aniline	Wijkander	12°	0.0602	0.0602
	"	20°	0.0447	0.0440
	Mühlenbein	25°	0.0374	0.0366
40 % Rietsuiker	Hosking	16.3°	0.0697	0.0702
	"	23°	0.0544	0.0541
49.7 %	Prinsen Geerligs . .	28°	0.1251	0.1249
68.1 %	" "	28°	1.833	1.896

Uit deze tabel blijkt, dat de waarden voor water, vergeleken met die door andere onderzoekers gegeven, onderling van 4 tot 10 % verschillen, terwijl de waarden van de andere

stoffen, niet zooveel verschillen, dan eens gelijk zijn, dan weer iets hooger, soms ook iets lager dan door de andere schrijvers gevonden is. Wij kunnen van deze getallen zeggen, dat die kleine verschillen worden veroorzaakt door waarnemingsfouten, die niet te vermijden zijn.

Water maakt hierop een uitzondering, deze verschillen zijn veel te groot. De mogelijkheid is niet uitgesloten, dat de waarnemingsfout hier zeer groot wordt, omdat de vloeistof weinig visceus is en derhalve zeer snel door de capillair stroomt.

Wij hebben hier doorlooptijden van 3 tot 4 seconden, terwijl die van aniline 10 tot 16 sec. bedroegen. De waarschijnlijkheid is wel niet groot, daar alle waarden hooger worden gevonden, maar een onderzoek naar de waarschijnlijk gemaakte fout, dient toch ingesteld te worden. Wanneer n.l. een grootheid herhaaldelijk wordt gemeten (in ons geval de doorlooptijd) dan geeft de waarschijnlijkheidsrekening het middel om uit de verkregen resultaten de waarschijnlijke fout te berekenen.¹⁾ Om den viscositeitscoëfficiënt van water bij 15° te bepalen, zijn door mij 100 doorlooptijden bepaald; hiervan gaven:

3 waarnemingen een doorlooptijd van 3 sec.					
46	"	"	"	"	3.2 "
48	"	"	"	"	3.4 "
3	"	"	"	"	3.6 "

Het arithmetisch middel uit deze 100 waarnemingen is 3.302 sec.

De waarschijnlijkheidsrekening leert:

Wanneer n het aantal waarnemingen is (in dit geval 100)

¹⁾ Zie FR. KOHLRAUSCH Leitfaden der Praktischen Physik. pag. 1.

$\triangle_1, \triangle_2, \triangle_3 \dots \triangle_n$ de afwijkingen van elk van die waarnemingen van het arithmetisch gemiddelde.

s de som van de quadraten van die afwijkingen, dus

$$s = \triangle_1^2 + \triangle_2^2 + \triangle_3^2 + \dots \triangle_n^2,$$

dan is de gemiddelde fout van de middelwaarde

$$E = \pm \sqrt{\frac{s}{n(n-1)}}.$$

De waarschijnlijke fout is $0.674 \times$ deze gemiddelde fout.

In ons geval hebben wij:

3	keer	een	afwijking	— 0.302
46	„	„	„	— 0.102
48	„	„	„	+ 0.098
3	„	„	„	+ 0.298.

Hieruit berekenen wij voor $s = 1.4796$, dus

$$E = \pm \sqrt{\frac{1.4796}{9900}} = \pm 0.012225.$$

De waarschijnlijke fout van de gemiddelde waarde is dus ± 0.0082 .

Dit wil dus zeggen, dat de doorlooptijd van water bij 15° , met behulp van ons toestel gemeten, ligt tusschen 3.2938 sec. en 3.3102 sec.

Om den invloed op het resultaat na te gaan, zullen wij met behulp van deze twee waarden, den viscositeitscoëfficiënt berekenen, en zien of deze veel verschilt van dien, welke is berekend met het arithmetisch gemiddelde. Deze getallen zijn 0.01180 en 0.01186. Wij zien dat onze waarnemingsfouten zich doen gelden in de 5^{de} decimaal. De gevonden waarde 0.0118 verschilt te veel met 0.0114 van andere onderzoekers.

Er moet dus een andere oorzaak zijn, die maakt, dat vloeistoffen met grooter doorlooptijd waarden geven voor den viscositeitscoëfficiënt, die weinig afwijken van de door andere

onderzoekers gegeven getallen, terwijl water, met den zooveel kleineren doorlooptijd, bij de verschillende temperaturen zooveel hoogere waarden geeft. Die oorzaak is niet moeilijk op te sporen. Bij ons toestel hebben wij immers te maken met een vrijvallende vloeistofkolom en deze zal bij haar val ook den weerstand van de lucht te overwinnen hebben. Deze kracht werkt tegengesteld aan de zwaartekracht en zal veroorzaken, dat de kracht p in de formule van POISEUILLE kleiner wordt. De grootte van dezen weerstand, dien wij w zullen noemen, hangt af van de doorsnede q der buis en van de snelheid van de zich bewegende vloeistofkolom.

Door NEWTON is uit kinetische beschouwingen afgeleid, dat deze luchtweerstand bij niet te kleine snelheden evenredig is met het kwadraat der snelheid van het zich bewegende lichaam en inderdaad is deze wet door de ervaring bevestigd tot snelheden van ± 333 M. in de seconde. Daarboven neemt de weerstand veel sneller toe met de snelheid, om ten slotte bij nog grooter snelheid weer over te gaan in de quadratische wet. Voor heel kleine snelheden, ongeveer beneden 0.1 meter in de seconde, geldt de lineaire wet, d. w. z. dan is de weerstand evenredig met de snelheid ¹⁾.

De vraag voor ons is, welke wet wij hebben toe te passen. De maximale snelheid, die onze vloeistofkolom bereikt, is $\frac{19.987}{2.94} = \pm 6.8$ c.M. in de seconde. Het behoeft wel nauwelijks gezegd te worden, dat wij voor de berekening der snelheid de lengte van CD door den doorlooptijd moeten deelen. Volgens het bovenstaande zouden wij de geldigheid van de lineaire wet kunnen verwachten. Het zal evenwel

1) Zie WINKELMANN I, 2, pag. 1360 2^e Aufl.

blijken, dat dit niet het geval is, maar dat de quadratische wet moet worden toegepast.

Wij zullen eerst een correctie voor den weerstand invoeren, waarbij de geldigheid van de lineaire functie wordt aangenomen. Dan is:

$$w = fq\varphi = fq\frac{l}{t}.$$

Hierin is q de doorsnede der capillair; l de lengte van CD, t de doorloopstijd en f stelt den weerstand voor, wanneer $q = 1$ en $\frac{l}{t} = 1$, d. i. dus de weerstand, die optreedt per eenheid van oppervlak, wanneer het zich beweegt met een snelheid van 1 c.M. in de seconde.

De kracht, die de vloeistof door de capillair drijft, in ons geval de kracht hsq , moet dus verminderd worden met dezen weerstand:

Derhalve wordt de grootte van deze kracht

$$hsq - fq\frac{l}{t}.$$

Wij moeten deze kracht nemen per c.M.² doorsnede, dus wordt in de formule van POISEUILLE

$$p = hs - f\frac{l}{t}$$

en de formule zelf (zie pag. 100):

$$[\eta] = \frac{981}{8\pi} \cdot \frac{q^2 \left(hs - f\frac{l}{t} \right) t}{lv}.$$

Deze formule is eenvoudiger te schrijven, als wij $h = l$ nemen, wat voor ons toestel geoorloofd is, immers $h = 19.982$ en $l = 19.987$ c.M. Dan wordt:

$$[\eta] = \frac{981}{8\pi} \cdot \frac{q^2 h}{lv} (st - f) = Cst - fC.$$

De waarde van C is op pag. 101 gegeven.

Uit deze formule volgt, dat wij, indien de lineaire functie geldig was, alle waarden van $[\tau]$ te hoog hadden moeten vinden, immers van de waarde Cst had altijd het constante bedrag fC afgetrokken moeten worden. Dit is strijdig met hetgeen wij gevonden hebben. Alleen voor de grootere snelheden bij water vinden wij afwijkingen, die veel grooter zijn dan de gemaakte experimenteele fouten.

Wij moeten dus nagaan of de quadratische functie hier toegepast moet worden. Dan is:

$$w = fq^2 = fqt^2$$

$$p = hs - ft^2$$

en:

$$[\tau] = \frac{981}{8\pi} \frac{q^2 \left(hs - ft^2 \right) t}{lv}$$

$h = l$ nemend:

$$[\tau] = \frac{981}{8\pi} \cdot \frac{q^2 h}{lv} \left(st - ft \right) = Cst - fC \frac{l}{t}.$$

Wij zien, dat in dit geval de grootte der aan te brengen correctie voor den weerstand afhangt van den doorlooptijd t en kleiner wordt, naarmate t grooter wordt.

De waarden voor f , door verschillende physici gegeven, loopen zeer sterk uiteen van 0.078 tot 0.118 dynes. Dit hangt hiermede samen ¹⁾, dat verschillende methoden zijn gebruikt en de waarden vooral samenhangen met den vorm

¹⁾ Zie OTTO Mannesmann. Luftwiderstandsmessungen mit einen neuen Rotationsapparat Diss. Tübingen (1897).

en de grootte van het vallende lichaam. Deze waarden zijn ook uit proeven, waarbij snelheden van meer dan 2 meter per seconde optraden.

Deze waarden voor f zijn voor ons doel dan ook veel te groot; zooals blijken kan uit de door J. FREIBURG gegeven waarden voor luchtweerstand bij kleine snelheden ¹⁾. Door dezen onderzoeker werden weerstanden gemeten, die optreden bij een trillende schijf. Ook uit deze proeven blijkt, dat de weerstand afhankelijk is van de grootte der schijf. Ten deele kan dit verklaard worden door de optredende randwrijving, die bij schijven van grooter omvang grooter zal zijn en daardoor den weerstand meer zal verhoogen, dan bij kleine schijven. De kleinste door hem onderzochte schijf, had een radius van 7.5 c.M. en deze ondervond per c.M.² bij een trillingsduur van 1 seconde een weerstand van 0.003576 dynes. Zooals reeds gezegd, had de schijf een trillingsduur van 1 seconde en volgens een berekening door FREIBURG op pag. 20 van zijn verhandeling gegeven, een gemiddelde snelheid van 0.14 c.M. per seconde. De weerstand, die dus 1 c.M.² ondervindt bij een snelheid van 1 c.M. per seconde, is

$$\frac{0.003576}{0.14} = 0.0255 \text{ dynes, voor kleine snelheden.}$$

Hoe klein de schijf ook is, randwrijving treedt ook hier op en het is niet onwaarschijnlijk, dat dit getal nog iets te groot zal zijn. Wij zullen dit getal in onze formule voor f als juist aannemen en zien, dat het in voldoende mate een verklaring geeft voor de gevonden afwijkingen.

De waarde voor $fCl = 0.001828$.

¹⁾ J. FREIBURG. Ueber den Luftwiderstand bei kleinen Geschwindigkeiten. Diss. BONN (1887).

De formule wordt dus:

$$[\eta] = Cst - \frac{0.001828}{t}.$$

Waarin de laatste term de aan te brengen correctie is. Wij zullen deze aanbrengen in de tabel voor water.

Temp.	Doorlooptijd.	$[\eta]$ gecorrigeerd.	$[\eta]$ door anderen gevonden.
9.2°	4.15	0.0141	0.0133
10°	3.8	0.0134	0.0131
15°	3.302	0.0113	0.0114
18°	3.0254	0.0102	0.0105
20°	2.94	0.0099	0.0101

De waarden voor 9.2° wijken nogal van elkaar af. Het is niet onmogelijk, dat hier een fout schuilt in de gemeten temp., omdat het niet mogelijk was, deze gedurende de geheele proef standvastig te houden. Deze liep gedurende de proef 0.4° op en 9.2° is als gemiddelde waarde genomen.

Uit den correctieterm volgt ook onmiddellijk, dat ze verdwijnt bij aniline en de andere meer visceuse vloeistoffen, die door mij zijn onderzocht. Immers wordt de doorlooptijd 10 seconden, dan wordt de aan te brengen correctie 0.00018 dus ongeveer 2 in de 4^{de} decimaal, een correctie, die gaat vallen binnen de waarnemingsfouten van de verschillende onderzoekers.

Op grond dezer ijking staat dus vast, dat met deze toestel voor vloeistoffen van zeer uiteenlopende viscositeit de viscositeitscoëfficiënt met groote nauwkeurigheid kan worden bepaald.

Het kan dus niet aan de toestel liggen, dat hoogere waar-

den voor de viscositeitscoëfficiënt van het bloed gevonden werden dan door andere onderzoekers werd vastgesteld. Ik vroeg mij af, of er dan wellicht bij de waarnemingen fouten begaan waren.

In de localiteit, waar mijn toestel was opgesteld, heerschte door allerlei omstandigheden een zeer afwisselende temperatuur. Daardoor was het mij ondoenlijk door middel van mijn thermostaat het watermantel op een constante temperatuur te houden, maar schommelde deze tusschen 36° en 38° . De vraag is, of dit ook van invloed is geweest op de verkregen cijfers.

Om dit uit te maken zijn de twee slechtste tabellen, die hier in hun geheel volgen, uitgezocht en op de op pag. 86 beschreven manier de waarschijnlijke fout van de gemiddelde waarde bepaald.

Eerste tabel:

Spec. gew. = 1.0411.

doorlooptijden = 14.2; 14.6; 14.7; 15.6; 14.8; 15.6; 15.5; 15.8; 15.6; 16;

Het arithmetisch midden dezer tien waarnemingen is: 15.24.

De waarschijnlijke fout is dus 0.13.

De doorlooptijd ligt dus tusschen 15.11 en 15.37 sec.

De absolute waarde van den viscositeitscoëfficiënt, met behulp van deze getallen berekend ligt tusschen 0.0563 en 0.0573.

De relatieve waarde tusschen 8.14 en 8.28.

De berekende waarden met den doorlooptijd 15.24 zijn resp. 0.0568 en 8.21.

Tweede tabel:

Spec. gew. = 1.0454.

Doorlooptijden: 11.4; 11.8; 11.6; 11.7; 11.8; 11.6; 12;

12; 12.4; 12.4; 12.4; 12.3; 12.1; 12.1; 12.2; 12; 12.5; 11.7; 12.4; 12.

Het arithmetisch midden dezer 20 waarnemingen is 12.02.

De waarschijnlijke fout is dus 0.05.

De doorlooptijd ligt tusschen 12.07 en 11.97.

De absolute waarde van den viscositeitscoëfficiënt, met behulp van deze waarden berekend, ligt tusschen 0.0451 en 0.0447.

De relatieve waarde tusschen 6.52 en 6.46.

De berekende waarden met een doorlooptijd 12.02 seconde zijn respectievelijk 0.0449 en 6.49.

Hieruit blijkt, dat dit groote verschil niet gevonden kan worden uit de bovengenoemde temperatuurschommelingen van het mantelwater. Een andere bron van fouten kan niet aanwezig zijn, zoodat men, naar onze meening, veilig kan concludereen, dat met de andere toestellen te lage waarden worden gevonden. Het toestel van HESS geeft zulke lage waarden in verhouding tot de onze (zie pag. 124), dat men het als onbruikbaar voor klinische onderzoekingsmethoden moet beschouwen.

De beide tabellen leeren nog meer. De getallen van de tweede tabel, onderling vergeleken, zijn niet beter, dan die van de eerste tabel. Toch is de waarschijnlijke fout bij de tweede tabel veel geringer, dan bij de eerste en dit komt enkel hierdoor, dat in het tweede geval 20 en in het eerste 10 waarnemingen zijn gedaan. Het was bij de viscositeitsbepalingen van bloed niet altijd mogelijk 20 waarnemingen te verrichten, omdat somtijds stollingen optraden. Het is derhalve een belangrijk voordeel van dit toestel, dat men niet beperkt is tot één waarneming, maar verscheidene achtereen kan doen en dan in staat is, de waarschijnlijk gemaakte fout te berekenen.

EIGEN METINGEN DER BLOEDVISCOSITEIT.

WAARNEMINGEN BIJ GEZONDEN.

V R O U W E N .

Ouderdom.	Door- loopstijd in sec.	SG bij 37°.	Hgb. gehalte.	[η 37°].	η relatief 37°.	Tijd v. bloed 37°.	η relatief kamer- temp. volgens Hess.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.
						Tijd v. water 37°.			
29	12.400	—	80	—	—	5.69	4.—	—	20.—
15	12.300	1.0344	85	0.0455	6.54	5.65	4.—	13.—	21.2
8	11.878	1.0415	80	0.0442	6.35	5.45	—	12.6	—
42	13.100	1.0439	85	0.0489	7.03	6.01	4.5	12.1	18.8
15	11.406	1.0355	85	0.0422	6.07	5.24	3.9	14.—	21.8
8	12.000	1.0434	80	0.0448	6.44	5.51	3.7	12.4	21.1
21	10.050	—	85	—	—	4.61	—	—	—
19	11.971	—	80	—	—	5.50	—	—	—
21	12.—	1.0501	90	0.0450	6.47	5.51	—	13.9	—
34	10.810	1.0489	85	0.0405	5.82	4.96	—	14.6	—
21	14.190	1.0485	80	0.0532	7.65	6.52	3.9	10.5	20.5
27	11.666	1.0464	85	0.0436	6.27	5.36	3.8	13.—	22.4
22	12.600	1.0524	80	0.0474	6.81	5.79	4.—	11.7	20.—
17	10.970	1.0497	80	0.0411	5.91	5.04	4.1	13.5	19.5
7	11.560	1.0434	80	0.0431	6.19	5.31	3.8	12.9	21.1

M A N N E N .

Ouderdom.	Door- loopstijd in sec.	SG bij 37°.	Hgb. gehalte.	η 37°.	η relatief 37°.	Tijd v. bloed 37°.	η relatief kamer- temp. volgens Hess.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.
						Tijd v. water 37°.			
28	14.700	1.0558	100	0.0555	7.99	6.75	4.6	12.5	21.7
47	11.245	—	80	—	—	5.16	3.9	—	20.5
29	11.590	1.0443	85	0.0433	6.23	5.32	4.6	13.7	18.5
29	12.600	1.0474	85	0.0474	6.81	5.81	4.0	12.5	21.2
28	11.590	1.0443	85	0.0432	6.21	5.32	4.6	13.7	18.5
24	12.640	1.0476	85	0.0474	6.81	5.80	—	12.5	—
28	13.500	1.0495	90	0.0507	7.29	6.20	—	12.4	—
32	13.433	1.0529	85	0.0506	7.27	6.17	—	11.7	—
28	15.670	1.0521	90	0.0590	8.48	7.20	—	10.6	—
28	12.930	1.0478	85	0.0485	6.97	5.94	—	12.2	—

GEMIDDELTE WAARDEN.

Geslacht.	Ouderdom.	Doorloops- tijd in sec.	SG bij 37°.	Hgb. gehalte.	η 37°.	η relatief 37°.	Tijd v. bloed 37°.	η relatief ka- mertemp. vgl. Hess.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.
							Tijd v. water 37°.			
Mannen .	30.1	12.989	1.0491	87	0.04951	7.12	5.967	4.34	12.42	20.28
Vrouwen .	20.4	11.927	1.0448	83	0.04499	6.46	5.477	3.97	12.85	20.64
Mannen } Vrouwen }	24.3	12.352	1.0467	84.4	0.0469	6.743	5.673	4.09	12.66	20.4

Beschouwen we bovenstaande tabellen nader, dan blijkt vooreerst dat we in hoofdzaak te doen gehad hebben met menschen in de kracht van hun leven; de gemiddelde *ouderdom* was dan ook ruim 24 jaar.

De *doorlooptijd*, wisselende tusschen 10 en 15 seconden, is lang genoeg om met voldoende nauwkeurigheid te kunnen worden afgelezen.

Het *soortelijk gewicht* schommelde tusschen 1.0344 en 1.0590. Deze cijfers loopen nogal uiteen, meer althans als men gewoonlijk bij normale personen daarvoor aangegeven vindt. BECK en HIRSCH hebben alleen de gezonde personen met een S. G. tusschen 1045 en 1055 gebruikt voor de bepaling van de gemiddelde η waarde.

Het gemiddelde *haemoglobinegehalte* bedroeg 85 %, vgl. TALQUIST. Bij gezonden als normaal 100 % aan te nemen is zeer zeker te hoog. BACHMANN (1908) neemt als norm 90 % aan, maar zegt dat ook dit nog iets te hoog is. Bij vergelijking van de door mij gebruikte schaal van TALQUIST met 2 andere, bleek mij, dat de kleurintensiteit niet geheel over-

eenkwam. Bij de toch altijd vrij subjectieve haemoglobine bepalingen veel waarde aan enkele procenten te hechten, komt mij niet doeltreffend voor.

Als gemiddelde *absolute* waarde voor den *viscositeitscoëfficiënt* bij 37° werd gevonden 0.0469.

Ter vergelijking met onderzoeken van anderen is het volgende cijfer het belangrijkste. In het algemeen immers vergenoegt men zich er mede de viscositeit uit te drukken in den zoogenaamden relatieven *viscositeitscoëfficiënt*, de verhouding van η bij 37° voor bloed tot η voor water bij die temperatuur. Hiervoor vond ik 6.743.

Naast de verhouding $\frac{\eta \text{ bloed}}{\eta \text{ water}}$ heb ik geplaatst de *verhouding der doorlooptijden* van bloed en water, om duidelijk te doen uitkomen, dat het niet aangaat om het soortelijk gewicht te verwaarloozen, zooals door sommigen b.v. DETERMANN gedaan wordt. Had ik dit ook gedaan, dan was mijn gemiddelde relatieve η waarde belangrijk kleiner geworden n.l. 5.673 ¹⁾.

Bij het grootste deel mijner waarnemingen heb ik tevens een bepaling met het toestel van HESS gedaan. Als gemiddelde waarde vond ik 4.09. HESS zelf geeft 4.5 aan. Waar-

¹⁾ Voor de berekening van den doorlooptijd van water bij 37° is gebruik gemaakt van de formule $[\eta] = Cst - \frac{0.001828}{t}$, waarin s = spec. gew. en t = doorlooptijd. Voor de berekening van $[\eta]$ uit de proeven van THORPE and RODGER is gebruikt de formule $[\eta] = \frac{5.9849}{(43.252 + t)^{1.5423}}$ waarin t = temperatuur. Hieruit volgt $[\eta]_{37^\circ} = 0.0069153$. Deze waarde en die voor het spec. gew. van water bij 37° invullende, komt men tot een vierkantsvergelijking, bij oplossing waarvan $t = 2.176$ seconde blijkt te zijn.

schijnlijk is dit verschil ten deele op rekening van mijn klein aantal waarnemingen bij normale personen te schrijven. Overigens is het opmerkelijk, dat we weer bij deze onderzoekingen zien, hoe verschillende onderzoekers, ook met hetzelfde toestel verschillende gemiddelde waarden vinden, b.v. HIRSCH en BECK 5.11, BENCE met hetzelfde toestel 5.4.

Door HESS en BACHMANN wordt veel waarde gehecht aan wat zij noemen het *haemoglobinequotient*, de verhouding tussen de getallen die uitdrukken het haemoglobinegehalte en de relatieve η waarden. Vandaar, dat ik ook deze zoowel voor de met mijn toestel, als met die van HESS verkregen cijfers, heb berekend. HESS en BACHMANN geven als gemiddelde voor dit quotient op 20. Ik vond 20.4.

Met ons toestel zou het 12.66 zijn.

We zien verder, dat vrouwen gemiddeld een lager viscositeit bezitten dan mannen: waarschijnlijk samenhangende met een lager *spec. gewicht* en *haemoglobinegehalte* van het bloed.

Om deze laatste samenhang duidelijker te demonstreeren, heb ik onderstaande tabellen samengesteld uit door mij gedane waarnemingen.

Haemoglobine- gehalte vgl. Talquist.	Aantal waarnemingen.	Gemiddelde waarde.	
		η relatief 37° eigen waarnem.	η relatief kamer- temp. vgl. Hess.
70 %	5	5.72	3.60
75 %	15	6.22	3.86
80 %	35	6.62	4.06
85 %	40	6.87	4.32
90 %	12	7.37	4.61

Specifiek gewicht.	Aantal waarnemingen.	Gemiddelde waarde.	
		η relatief 37° eigen waarnem.	η relatief kamer- temp. vgl. Hess.
1036—1040	13	5.83	3.67
1041—1045	28	6.21	4.27
1046—1050	41	6.81	4.22
1051—1055	21	7.16	4.41
1056—1060	4	8.47	5.12

Uit deze waarnemingen blijkt, dat er alleen binnen wijde grenzen parallellisme bestaat tusschen haemoglobine gehalte en specifiek gewicht eenerzijds en de viscositeit anderzijds.

Bij *nephritis* (zie tabel met opschrift *Nephritis Chronica* pagina 129) was dus de viscositeit meestal lager dan normaal, zelfs in enkele gevallen, waarbij het spec. gewicht boven het gemiddelde komt. BACHMANN vond met den toestel van HESS in 14 gevallen waarden tusschen 2 en 3.9; dus ver onder zijn gemiddelde van 4.5 voor normalen. HIRSCH en BECK en BENCE daarentegen vonden de viscositeit in de meeste gevallen van *nephritis* onveranderd, bij *uraemie* zelfs verhoogd.

Ook hier (zie tabel met opschrift *Tuberculose* op pagina 130) vinden we geen zeer typische resultaten, en in de meeste gevallen is de viscositeit lager dan normaal, evenals het spec. gew. en het Hgb. gehalte. BACHMANN vond bij al zijn tuberculosepatienten (51) op een na een hooge viscositeit in verhouding tot het Hgb. gehalte en bij gevolg een lage Hgb. quotient. In 32 gevallen vond hij maar 5 met een quotient boven 18.

In onze gevallen is dit lang niet zoo sterk uitgedrukt.

NEPHRITIS CHRONICA.

No.	Geslacht.	Onderdom.	Doorloops- tijd in sec.	SG bij 37°.	Hgb. ge- halte.	η_{37° relatief.	Tijd van bloed 37°. Tijd van water 37°.	η relatief kamer- temp. vgl. Hess.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.
90	vr.	27	14.900	1.0518	80	8.07	6.84	3.7	9.9	21.1
37	m.	21	14.390	1.0526	90	7.79	6.61	4.7	11.6	19.2
12	m.	64	13.400	—	80	—	6.15	—	—	—
109	vr.	28	12.760	1.0448	80	6.86	5.86	3.9	11.7	20.5
114	vr.	27	12.270	1.0422	85	6.57	5.63	3.9	12.9	21.7
80	vr.	12	12.133	1.0474	75	6.53	5.57	4.3	11.5	17.5
79	vr.	43	10.670	1.0457	75	5.74	4.90	3.8	13.1	19.8
82	vr.	11	10.230	1.0398	85	5.46	4.70	3.7	15.6	22.9
18	vr.	35	10.210	1.0509	80	5.50	4.69	3.7	14.5	21.6
65	m.	52	9.845	1.0219	75	5.16	4.52	3.4	14.5	21.1
11	m.	36	9.455	—	80	—	4.34	—	—	—
111	vr.	44	9.370	1.0436	75	5.16	4.30	—	14.5	—
Gemiddelde waarden.		33.3	11.636	1.0440	80	6.28	5.34	3.9	12.98	20.6

TUBERCULOSE.

No.	Geslacht.	Ouderdom.	Doorlooptijd in sec.	SG bij 37°.	Hgb. gehalte.	$[\eta]_{37^\circ}$	η_{37° relatief.	Tijd van bloed 37°. Tijd van water 37°.	η relatief kamer-temp. vgl. Hess.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.
36	m.	22	14.125	1.0479	85	0.0530	7.61	6.49	5.—	11.2	17.—
47	m.	18	13.985	1.0484	90	0.0525	7.44	6.42	5.2	12.1	17.3
13	m.	21	13.413	—	75	—	—	6.16	—	—	—
106	vr.	29	12.700	1.0460	80	0.0475	6.83	5.83	4.2	11.7	19.—
30	vr.	12	12.420	1.0496	85	0.0466	6.69	5.66	4.2	12.7	20.2
92	vr.	15	12.130	1.0454	85	0.0453	6.51	5.57	3.6	13.1	23.6
115	vr.	27	12.070	1.0363	70	0.0447	6.43	5.54	4.0	10.9	17.5
95	m.	14	11.200	1.0457	60	0.0418	6.01	5.14	3.8	9.9	15.8
62	m.	14	11.200	1.0406	60	0.0417	5.99	5.14	3.8	10.—	15.8
96	vr.	29	10.629	1.0336	85	0.0392	5.64	4.88	3.5	15.1	24.3
69	vr.	26	10.700	—	75	—	—	4.91	—	—	—
100	vr.	37	9.607	1.0360	80	0.0355	5.10	4.41	3.4	15.7	23.5
28	vr.	9	8.650	—	60	—	—	3.97	—	—	—
Gemiddelde waarden.		21	11.756	1.0429	76.2	0.0447	6.29	5.43	4.07	12.24	19.40

PERICARDITIS EXCUDATIVA.

No.	Geslacht.	Ouderdom.	Door- loopstijd in sec.	S.G. bij 37°.	Hgb. gehalte.	$[\eta]_{37^\circ}$.	η_{37° relatief.	Tijd van bloed 37°. Tijd van water 37°.	η relatief kamertemp. vgl. Hess.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.
107	m.	52	14.540	1.0508	80	0.0547	7.86	6.68	4.8	10.2	16.6
13	m.	21	13.413	—	75	—	—	6.16	—	—	—
116	m.	37	13.150	1.0433	75	0.0491	7.06	6.04	4.7	10.6	15.9
Gemiddelde waarden.		36.6	13.701	1.0471	76.6	0.0516	7.46	6.29	4.75	10.4	16.2

PLEURITIS.

No.	Geslacht.	Ouderdom.	Door- loopstijd in sec.	S.G. bij 37°.	Hgb. gehalte.	$[\eta]_{37^\circ}$.	η_{37° relatief.	Tijd van bloed 37°. Tijd van water 37°.	η relatief kamertemp. vgl. Hess.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.
40	m.	25	16.360	1.0310	95	0.0604	8.68	7.51	6.—	10.9	15.8
105	m.	18	14.200	1.0484	90	0.0533	7.81	6.52	4.0	11.5	22.5
41	m.	19	14.130	1.0469	85	0.0529	7.60	6.49	5.—	11.2	17.—
56	vr.	7	13.200	1.0366	85	0.0489	7.03	6.06	4.3	12.1	19.8
Gemiddelde waarden		17.5	14.472	1.0407	89	0.0536	7.78	6.64	4.82	11.4	18.8

PERITONITIS.

No.	Geslacht.	Ouderdom.	Door- loopstijd in sec.	S.G. bij 37°.	Hgb. gehalte.	$[\eta]_{37^\circ}$.	η_{37° relatief.	Tijd van bloed 37°. Tijd van water 37°.	η relatief kamertemp. vgl. Hess.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.
30	vr.	12	12.420	1.0496	85	0.0466	6.69	5.66	4.2	12.7	20.2
115	vr.	27	12.070	1.0363	70	0.0447	6.43	5.54	4.0	10.9	17.5
28	vr.	9	8.650	—	60	—	—	3.97	—	—	—
Gemiddelde waarden.		16	11.047	1.0429	72	0.0456	6.56	5.06	4.1	11.8	18.8

Bij peritonitis werden dus lage waarden gevonden, in tegenstelling met pericarditis excudativa en pleuritis, waarbij we zeer hooge waarden vinden.

Dit is treffend in overeenstemming met de resultaten van BACHMANN.

DIABETES MELLITUS.

No.	Geslacht.	Ouderdom.	Door- loopstijd in sec.	S.G. bij 37°.	Hgb. gehalte.	$[\eta]_{37^{\circ}}$.	$\eta_{37^{\circ}}$ relatief.	Tijd van bloed 37°. Tijd van water 37°.	η relatief kamertemp. vgl. Hess.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.
15	m.	51	15.878	—	80	—	—	7.29	—	—	—
108	vr.	47	14.700	1.0513	85	0.0553	7.95	6.75	4.9	10.7	17.3
81	vr.	12	14.340	1.0461	75	0.0537	7.72	6.59	4.6	9.7	16.3
14	m.	—	13.875	—	85	—	—	6.37	—	—	—
Gemiddelde waarden.		37	14.668	1.0487	81.2	0.0545	7.83	6.75	4.75	10.2	16.8

Ook hier hoge viscositeitswaarden, die niet alleen te verklaren zijn uit het vrij hoge spec. gewicht.

NEUROSEN.

No.	Geslacht.	Ouderdom.	Door- loopstijd in sec.	S.G. bij 37°.	Hgb. gehalte.	$[\eta]_{37^{\circ}}$.	$\eta_{37^{\circ}}$ relatief.	Tijd van bloed 37°. Tijd van water 37°.	η relatief kamertemp. vgl. Hess.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.
55	vr.	20	14.650	—	80	—	—	6.73	4.3	—	18.6
99	m.	19	13.400	—	80	—	—	6.15	4.—	—	20.—
44	vr.	18	12.065	1.0424	80	0.0450	6.46	5.54	3.8	12.4	21.—
93	vr.	34	11.705	1.0414	70	0.0436	6.27	5.38	3.8	11.2	18.4
145	m.	10	11.690	1.0466	80	0.0436	6.27	5.37	3.9	12.7	20.5
48	vr.	39	11.690	1.0449	85	0.0437	6.28	5.37	4.—	13.5	21.2
38	vr.	27	10.860	1.0510	85	0.0408	5.86	4.99	4.—	14.5	21.2
25	vr.	36	10.170	1.0436	75	0.0379	5.44	4.67	4.1	13.8	18.3
Gemiddelde waarden.		25.4	12.029	1.0449	29.4	0.0424	6.09	5.52	3.9	13.0	19.9

In bovenstaande tabel zijn de onderzochte gevallen van neurasthenie en nervositas ondergebracht. Bij de zesde patient bestond Morbus Basedowi. Bij allen vinden we een lage viscositeit, voor een deel waarschijnlijk te verklaren uit het haemoglobine gehalte, dat in de meerderheid der gevallen ook onder de norm blijft.

DIVERSE ZIEKTEGEVALLEN.

No.	Diagnose.	Geslacht.	Ouderdom.	Door- loopstijd.	S.G. bij 37°.	Hgb. gehalte.	$[n]_{D^{20}}$.	$n_{37^{\circ}}$ relatief.	Tijd van bloed 37° Tijd van water 37°.	n relatief kamertemp. vgl. Hess.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.
57	myelogene leukemie.	m.	36	18—	1.0384	75	0.0669	9.62	8.27	5.7	7.8	13.2
73	potator.	m.	28	17.375	1.0560	95	0.0657	9.45	7.98	5.6	10.1	16.9
102	myelogene leukemie.	m.	36	16.890	1.0470	80	0.0633	9.10	7.76	5.6	8.8	16.3
60	apoplexie.	m.	65	16.200	1.0542	85	0.0611	8.78	7.44	5.1	9.7	14.7
98	vitium cordis.	m.	58	16.130	1.0546	85	0.0609	8.76	7.41	4.8	9.7	17.7
77	cholelithiasis icterus.	m.	38	16.100	1.0342	85	0.0596	8.57	6.40	5.4	9.9	15.7
154	enterogene cynase.	m.	41	15.980	1.0579	—	0.0605	8.69	7.34	5.8	—	—
26	echinorococcus hepatis.	m.	64	14.733	1.0486	90	0.0533	7.94	6.77	5.3	11.3	16.9
55	intercostale neuralgie.	vr.	20	14.630	—	80	—	—	6.73	4.3	—	18.6
101	carcinoma ventriculi.	m.	35	14.470	1.0377	85	0.0537	7.72	6.64	4.5	11—	18.8
23	apoplexie.	m.	65	14.310	1.0586	85	0.0542	7.79	6.57	4.4	10.9	19.3
127	hysterie.	vr.	16	14.329	1.0528	80	0.0540	7.76	6.58	4.8	10.3	16.2
45	emphysema.	m.	37	14.300	1.0438	95	0.0535	7.69	6.58	5—	12.4	19—
85	arthritus deformans.	vr.	34	14.200	1.0455	85	0.0531	7.63	6.52	3.6	11.1	23.6
105	spondylitis.	m.	18	14.200	1.0484	90	0.0533	7.81	6.52	4.0	11.5	22.5
89	tumor cerebri.	m.	40	14.100	1.0500	85	0.0530	7.62	6.48	4.9	11.2	17.3
113	migraine.	m.	28	13.850	1.0492	90	0.0520	7.49	6.36	4.3	12—	20.9
22	cholelithiasis.	vr.	—	13.658	—	90	—	—	6.23	4.5	—	20—
31	rachitis tarda.	m.	—	13.360	1.0523	80	0.0503	7.23	6.13	4.3	11.1	18.6
24	pneumonia cruposa.	m.	21	13.335	—	—	—	—	6.12	—	—	—
33	insufficiëntia mitralis.	m.	10	13.225	1.0387	85	0.0491	7.05	6.17	4.3	12—	19.7
72	carcinoma recti.	vr.	59	13.180	1.0473	75	0.0494	7.10	—	3.8	10.6	19.7
35	tabes dorsalis.	m.	77	13.100	1.0465	80	0.0490	7.04	6.02	4.4	11.4	18.2
126	paroxysmale cyanose.	m.	37	13.070	1.0466	95	0.0483	7.03	6—	4.2	13.5	22.6
51	mitral stenose.	vr.	32	13.060	1.0459	80	0.0488	7.01	5.99	4.1	11.3	19.5
21	vitium ventriculi.	m.	43	12.840	1.0526	90	0.0483	6.93	5.90	4—	12.9	22.5

DIVERSE ZIEKTEGEVALLEN.

No.	Diagnose.	Geslacht.	Ouderdom.	Door- loopstijd.	S.G. bij 37°.	Hgb. gehalte.	$[\eta]_{37^{\circ}}$.	$\gamma_{37^{\circ}}$ relatief.	Tijd van bloed 37°.	Tijd van water 37°.	γ relatief kanne-temp.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.
110	bronchitis chron.	vr.	33	12,450	1.0498	75	0.0467	6.71	5.72	—	—	11.2	—
83	bronchitis	vr.	41	12,160	1.0514	75	0.0457	6.57	5.58	—	3.5	11.4	21.4
29	lupus pharyngis.	m.	44	12,090	1.0454	80	0.0449	6.49	5.52	—	4.5	12.4	17.7
25	migraine	vr.	36	10,170	1.0436	75	0.0379	5.44	4.67	—	4.1	13.8	18.3
47	progressieve spieratrofie	m.	34	11,450	—	90	—	—	5.26	—	4.3	—	20.9
46	empyema sinus frontalis.	m.	19	11,250	1.0459	80	0.0426	6.03	5.17	—	4.8	13.2	16.7
97	carcinoma vesicae felleae	vr.	29	11,000	1.0428	70	0.0410	5.89	5.05	—	3.8	11.9	18.4
27	rectaal poliepen	vr.	7	10,920	1.0388	75	0.0405	5.82	5.01	—	3.5	12.9	21.4
32	atroph. levercirrhose (cholaemie)	m.	29	10,630	1.0423	85	0.0396	5.69	4.88	—	4.2	14.9	20.2
43	poliomyelitis ant.	vr.	6	10,200	1.0444	80	0.0381	5.46	4.68	—	4.2	14.7	19. —
117	carcinoma ventriculi	vr.	70	10,580	1.0383	80	0.0392	5.64	4.86	—	3.5	14.2	22.9
25	migraine	vr.	36	10,170	1.0436	75	0.0379	5.44	4.67	—	4.1	13.8	18.3
75	dysmenorrhoe	vr.	24	10,020	1.0374	75	0.0371	5.33	4.60	—	3.4	14.1	22.1
42	bronchitis chron.	vr.	24	9,905	1.0397	80	0.0368	5.29	4.55	—	3.7	15.1	21.7
104	delirium tremens	m.	55	9,600	1.0397	70	0.0383	5.50	4.41	—	3.2	12.7	21.9
112	carcinoma ventriculi	vr.	57	9,517	1.0389	55	0.0353	5.08	4.37	—	3.0	10.8	18.3
54	carcinoma ventriculi	vr.	59	9,450	—	60	—	—	4.34	—	3.6	—	16.6
157	anaemia gravis	m.	29	8,600	—	65	—	—	3.95	—	3.4	—	19.1
16	anaemia gravis	m.	—	8,400	1.0331	65	0.0310	4.45	3.87	—	—	14.6	—
9	multiple leverabscessen	m.	24	7,570	—	40	—	—	3.47	—	—	—	13.8
76	ulcus ventriculi, haematemesis	m.	48	6,840	1.0142	35	0.0248	3.57	3.14	—	2.3	9.8	15.2
150	anaemia gravis	m.	37	6,740	1.0321	35	0.0247	3.55	3.09	—	2.8	9.9	12.5
59	anaemia gravis	m.	53	6,805	1.0178	45	0.0246	3.54	3.12	—	2.4	12.7	18.8
50	carcinoma ventriculi	m.	65	6,445	1.0245	35	0.0234	3.36	2.96	—	2.4	10.4	14.6
138	atroph. levercirrhose, melaena.	vr.	49	5,910	1.0078	35	0.0210	3.02	2.71	—	2.3	11.6	15.2
7	anaemia gravis	m.	29	4,680	—	—	—	—	2.45	—	—	—	—

Tenslotte zijn nog enkele waarnemingen gedaan over eventueelen invloed op de viscositeit van Jodetum kalicum en Chloretum calcicum.

Datum.	No.	Geslacht.	Ouderdom.	Door- loopstijd in sec.	S.G. bij 37°.	Hgb. gehalte.	$[\eta]_{37^{\circ}}$.	$\eta_{37^{\circ}}$ relatief.	Tijd van bloed 37°. Tijd van water 37°.	η relatief kamertemp. vgl. Hess.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.	
26/I	121	vr.	16	14.035	1.0513	75	0.0528	7.59	6.44	4.2	9.9	17.9	
29/I	124	"	"	14.460	1.0528	80	0.0545	7.84	6.64	4.7	10.2	17.—	daarna
31/I	127	"	"	14.329	1.0528	80	0.0540	7.76	6.58	4.8	10.3	16.6	J. K. 2 ^{gr} .
3/I	136	"	"	13.300	1.0506	80	0.0500	7.19	6.01	4.6	11.1	17.4	per dag.
5/II	141	"	"	11.850	1.0453	80	0.0443	6.37	5.44	4.—	12.6	20.—	
8/II	148	"	"	11.890	1.0496	80	0.0446	6.41	5.46	4.2	12.5	19.5	
29/I	123	m.	44	13.300	1.0492	80	0.0499	7.17	6.11	—	11.—	—	
31/I	129	"	"	13.100	1.0518	85	0.0493	7.09	6.02	4.3	11.9	19.8	
1/II	132	"	"	11.640	1.0476	85	0.0436	6.27	5.34	4.1	13.5	20.7	daarna
3/II	139	"	"	12.200	1.0495	85	0.0458	6.58	5.60	4.6	12.9	18.5	J. K. 4 ^{gr} .
5/II	140	"	"	11.333	1.0456	85	0.0423	6.08	5.20	4.5	13.9	19.3	per dag.
7/II	142	"	"	11.666	1.0478	85	0.0437	6.28	5.36	4.3	13.5	19.8	
10/II	149	"	"	12.822	1.0495	85	0.0481	6.91	5.89	4.0	12.3	21.2	
39	53	vr.	19	13.200	1.0525	90	0.0497	7.14	6.08	5.2	12.6	17.3	
53	"	"	"	15.240	1.0411	80	0.0568	8.21	7.00	4.1	9.8	19.5	na J. K.
63	"	"	"	15.655	1.0498	85	0.0588	8.50	7.19	4.4	10.—	19.3	gebruik.
58	88	m.	50	14.100	1.0460	90	0.0528	7.59	6.47	4.5	11.9	20.—	na J. K.
88	"	"	"	14.050	1.0524	90	0.0529	7.60	6.45	4.4	11.8	20.5	gebruik.
87	103	vr.	13	12.566	1.0432	80	0.0469	6.74	5.77	4.1	11.9	19.5	na J. K.
103	"	"	"	11.180	1.0469	85	0.0418	6.01	5.13	3.9	12.5	21.8	gebruik.

De drie eerste gevallen, niet opzettelijk met dit doel onderzocht, en waarvan dan ook de dateering der JK mij niet bekend is, zeggen niet veel. De 2 laatste gevallen zijn meer de aandacht waard. We zien hier na het gebruik van 2 resp. 4 gr. JK, dat de viscositeit inderdaad lager waarde krijgt. Al komen ook de resultaten, verkregen met ons toestel en dat van HESS hierin niet geheel overeen, toch krijgt men bij de beschouwing der 2 tabellen den indruk, dat bij voortgezet gebruik de viscositeit weer stijgt. Wellicht verklaart dit verschijnsel de tegenstrijdige resultaten van vroegere onderzoekers als POISEUILLE, ARONHEIM, MÜLLER en INADA, KOTTMANN, MC. CASKEY, BONERI, DETERMANN, LINDMANN en ADAM.

Van chloretum calcicum heb ik den invloed trachten na te gaan op grond van twee overwegingen. Vooreerst is door BURTON-OPITZ gevonden, dat hoe kleiner de viscositeit is, des te langer de stollingstijd. Waar nu CaCl_2 reeds lang gebruikt wordt, om de stolbaarheid van het bloed te verhoogen, leek het mij interessant na te gaan of daarmee tevens de viscositeit verlaagd wordt. Verder worden in den laatsten tijd Ca-zouten gegeven bij nephritis, waarbij zooals we gezien hebben de viscositeit abnormaal laag is. Ook voor deze gevallen scheen het belangrijk den invloed op de viscositeit na te gaan.

Uit de drie nevenstaande met dit doel ondernomen reeksen van waarnemingen zijn geen duidelijke resultaten verkregen. Ze pleiten echter meer voor een viscositeitsverlagenden invloed van de CaCl_2 dan voor het omgekeerde.

Datum.	No.	Geslacht.	Ouderdom.	Door- loopstijd in sec.	S.G. bij 37°.	Hgb. gehalte.	$[\eta]_{37^{\circ}}$.	$\eta_{37^{\circ}}$ relatief.	Tijd van bloed 37° Tijd van water 37°.	η relatief kamertemp. vgl. Hess.	Hgb. quotient.	Hgb. quot. vgl. Hess.	
18/I	109	vr.	28	12.760	1.0448	80	0.0477	6.86	5.86	3.9	11.7	20.5	na CaCl_2 .
26/I	122	vr.	"	12.130	1.0456	80	0.0453	6.66	5.57	3.8	12.—	21.1	
12/XII	79	vr.	43	10.670	1.0457	75	0.0399	5.74	4.90	3.8	13.1	19.8	
18/I	111	"	44	9.370	1.0436	75	0.0359	5.16	4.30	—	14.5	—	
25/I	119	"	"	9.560	—	75	—	—	4.39	3.2	—	23.4	na CaCl_2 .
1/II	134	"	"	8.830	1.0461	75	0.0329	4.73	4.05	3.5	15.9	21.4	
10/II	148	"	"	8.424	1.0371	75	0.0311	4.47	3.87	3.2	15.6	21.9	
25/I	114	vr.	27	12.270	1.0432	85	0.0457	6.57	5.63	3.9	12.9	21.7	
21/I	118	"	"	10.700	1.0427	80	0.0398	5.72	4.91	3.5	13.9	22.9	na CaCl_2 .
1/II	135	"	"	11.490	1.0475	80	0.0430	6.18	5.28	3.7	12.8	21.7	
11/II	151	"	"	11.666	1.0464	85	0.0436	6.27	5.36	3.8	13.—	22.4	

RESUMÉ.

De praktische waarde van viscositeitsmetingen van het bloed wordt door velen overschat.

Zelfs bij de zeer sterk verhoogde viscositeit bij polyglobulie bleven stuwingsverschijnselen uit en voelden patienten zich gezond, mits er geen arteriosclerose bestond.

Omgekeerd bleek η tot op $\frac{1}{3}$ van de norm te kunnen dalen, zonder dat belangrijke circulatiestoornissen optraden.

Gezonde vasomotoren zijn bij gezonde vaatwanden, dus volkomen in staat een vermeerdering of vermindering der viscositeit te compenseeren.

Een en ander neemt echter niet weg, dat toch de viscositeit bij de bloedbeweging een rol speelt, zij het dan ook een ondergeschikte in verhouding tot de andere factoren.

Bijgevolg is een nadere bestudeering gewenscht.

Daartoe kan men zonder bezwaar gebruik maken van glas-capillairen.

De capillair dient zoo gelijkmatig mogelijk, niet te kort en in al haar afmetingen bekend te zijn. Als doorsnede kieze men ± 0.5 mM. De temperatuur van het bloed zij 37° , de druk constant en bekend. Het is gewenscht, dat een groot aantal waarnemingen met hetzelfde bloed kunnen gedaan worden.

Aan deze voorwaarden voldoet de op blz. 94 en volgende beschreven toestel.

De op blz. 50, 58 en 68 beschreven viscosimeters van DU PRÉ DENNING en WATSON, DETERMANN en HESS voldoen niet aan bovenstaande eischen.

De gemiddelde η -waarde van het bloed van gezonde menschen ligt waarschijnlijk hooger dan tot nu toe aangenomen wordt.

Belangrijk zal verdere studie van de invloed der viscositeit van de omgevende vloeistof op levende weefsels zijn.

LITTERATUUROVERZICHT TOT 1910.

1. 1744. E. HALES, Hémostatique, tr. de l'Anglais p. de Sauvages. Genève. p. 99 et suiv.
2. 1816. DUBUAT, Mémoires de l'institut.
3. 1835. POISEUILLE, Savants étrangers Tome VII.
4. 1839. HAGEN, Die Bewegung des Wassers in engen zylindrischen Röhren. Pogg. Annal. 46. S 447.
5. 1843. POISEUILLE, Mémoires présentés par divers Savants à l'Académie royale des Sciences de l'Institut de France T IX.
6. 1843. POISEUILLE, Recherches expérimentales sur le mouvement des liquides dans les tubes de très-petits diamètres. Ann. chimiq. et phys. 3e Serie T 7. pag. 50.
7. 1843. POISEUILLE, Recherches sur l'écoulement des liquides considérés dans les capillaires vivantes. Compt. rend. de l'ac. XVI S. 62. 72.
8. 1847. POISEUILLE, Recherches expérimentales sur le mouvement des liquides de nature différente dans les tubes de très-petits diamètres. Ann. chimiq. et phys. 3e Serie T 21. pag. 76. Pogg. Annal. Bd. 58. S. 424.
9. 1857. DARCY, Mémoires de l'acad. XV.
10. 1860. HAGENBACH, Poggend. Annal. Bd. 109. S. 401.
11. 1860. JACOBSON, Arch. für Anat. u. Physiol. pg. 80.
12. 1861. JACOBSON, Arch. für Anat. u. Physiol. pg. 304.

13. 1861. GRAHAM, Ueber die Beziehungen zwischen der Transpiration tropfbarer Flüssigkeiten und ihrer chemischen Zusammensetzung.
Philos. Transactions p. 373.
Annalen der Chemie u. Pharmacie N. R. Bd. 47. 830.
14. 1862. JACOBSON, Arch. für Anat. u. Physiol. pg. 683.
15. 1867. ARONHEIM, Ueber den Einfluss der Salze auf die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes.
Hoppe-Seyler's med.-chem. Untersuchungen. Zweites Heft S 265.
16. 1868. RELLSTAB, Ueber Transpiration homologer Flüssigkeiten. Diss. Bonn.
17. 1871. v. LESSER, Verhandl. d. Kgl. S. Gesellschaft. d. Wissenschaften p. 590.
Experimentelle Studien über die Ausflussgeschwindigkeit von Blut und andern Flüssigkeiten durch Kapillaren etc.
18. 1871. DUNCAN U. GAMGEE, Journal of anatom. u. physiol. 5. p. 155.
19. 1873. HARO ESSAI sur la transpirabilité du sang. Gazette hebdomadaire no. 11.
20. 1873. HÜBNER, Untersuchungen über die Transpiration von Salzlösungen. Pogg. Ann. Bd. 150. S. 248.
21. 1874. DUNCAN U. GAMGEE, Journal of anatom. u. physiol. 5. p. 184.
22. 1875. GUÉRONT, Sur le coefficient d'écoulement capillaire Compt. Rend. 81.
23. 1876. HARO, Transpirabilité du sang. Gaz. hebd. 7 Juillet.
24. 1876. HARO, Sur l'écoulement du sang par des tubes de petit calibre. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences à Paris. Tome 83. 9 Octobre.
25. 1877. EWALD, Ueber die Transpiration des Blutes. Arch. f. Anat. u. Physiol. 208.
26. 1878. EWALD, Ueber die Transpiration des Blutes. Arch. f. Anat. u. Physiol. 536.
27. 1878. HARO, Exper. Untersuchungen über das Durchfließen

- von Milch und Blut durch sehr engen Röhren. *Rév. Med. de l'Ext* IX.
28. 1884. HAYCRAFT, *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.* Bd. 18. S. 209.
 29. 1890. COUETTE, *Etudes sur le frottement des liquides.* *Ann. de chimie et de physique* 6 S. Bd. 21. S. 433.
 30. 1892. HEFFTER, Ueber die Ernährung des arbeitenden Froschherzens. *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.* Bd. 29. S. 41.
 31. 1893. ALBANESE, Ueber den Einflusz der Zusammensetzung der Ernährungsflüssigkeiten auf die Thätigkeit des Froschherzens. *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.* Bd. 32. S. 297.
 32. 1894. CAMPBELL, *The Lancet* I S. 594.
 33. 1896. NICOLLS, *Haemodynamics.* *Journal of Physiology* Bd. 20. Heft 4. 5.
 34. 1897. HÜRTHLE, Ueber den Widerstand in den Blutbahn. *D. M. W.* no. 51.
 35. 1897. LEWY, Die Reibung des Blutes. *Pflüg. Arch.* Bd. 65. S. 447.
 36. 1898. BOTTASSI, *Recherches sur la viscosité de quelques liquides organiques et de quelques solutions aqueuses de substances.* *Archives ital. de Biol.*
 37. 1900. BURTON-OPITZ, Ueber die Veränderung der Viskosität des Blutes unter den Einflusz verschiedener Ernährung und experimenteller Eingriffe. *Pflüg. Arch.* 82, 447.
 38. 1900. BURTON-OPITZ, Vergleich der Viskosität des normalen Blutes mit der des Oxalatblutes, des defibrinierten Blutes und des Blutserums bei verschiedener Temperatur. *Pflüg. Arch.* 82. 464.
 39. 1900. HÜRTHLE, Ueber eine Methode zur Bestimmung der Viskosität des lebenden Blutes und ihre Ergebnisse. *Pflüg. Arch.* 82. 415.
 40. 1900. HIRSCH UND BECK, Eine Methode zur Bestimmung des innern Reibungswiderstandes des lebenden Blutes beim Menschen. *M. M. W.* 49. S. 1685.
 41. 1900. HÜRTHLE, Ueber die Veränderung des Seitendruckes bei plötzlicher Verengung der Strombahn. *Pflüg. Arch.* 82. 443.

42. 1901. HIRSCH U. BECK, Studien zur Lehre von der Viskosität des lebenden menschlichen Blutes.
D. Arch. f. klin. Med. Bd. 69. S. 503.
43. 1901. JACOBY, Vortrag D. Med. Woch. no. 8. Vereinsbeilage S. 63.
44. 1901. TROMMSDORF, Untersuchungen ueber die innere Reibung des Blutes und ihre Beziehung zur Albanese'scher Gummilösung.
45. 1901. COHEN, Voordrachten over physische scheikunde, Vloeistofwrijving blz. 107, 111, 220.
46. 1901. MAYER, Rôle de la viscosité dans les phénomènes osmotiques et dans les échanges organiques.
C. R. de la Société de biologie T. 53, p. 1138.
47. 1901. MAYER, Présentation d'un viscosimètre.
C. R. de la Société de biologie T. 53, p. 1140.
48. 1902. TIGERSTEDT, Lehrbuch der Physiologie des Menschen I pag. 231.
49. 1902. MAYER, Coefficients de viscosité du serum et du plasma normaux. C. R. de la Société de biologie T. 54.
50. 1902. MAYER, Variations de viscosité et variations de quantité des substances albuminoïdes du plasma sanguin. C. R. de la société de biologie.
51. 1902. HIRSCH UND BECK, Ueber das Verhalten der inneren Reibung des Blutes bei Nierenerkrankungen.
D. Arch. f. klin. Med. Bd. 72. S. 560.
52. 1902. KOVÁCS, Berl. klin. Wochenschrift no. 16.
53. 1903. MC. CASKEY, The Viscosity of the Blood. Its Value in clinical Medicine. Journ. Amer. Assoc. Vol. LI. pag. 1653.
54. 1903. KÜNDIG, Ueber die Viskosität des menschlichen Blutes nach Schwitzproceduren. Diss. Jena.
55. 1904. MAYER, Etudes viscosimétriques sur la coagulation des albuminoïdes du plasma sanguin par la chaleur. C. R. de la Société de biologie T. 54, p. 367.
56. 1904. ROSSI, La viscosità e la resistenza elettrica del siero di sangue. Arch. di Fisiol Vol. I p. 500.

57. 1904. FERRAI, Ricerche viscosimetriche sul sangue asfittico.
Arch. di Fisiol. Vol. I. Fasc. IV. p. 385.
58. 1904. GRAHAM BROWN, Royal Infirmary Reports. Edinburgh.
59. 1904. BECK, Beiträge zur Bestimmung der relativen inneren
Reibung von Flüssigkeiten.
Zeitschrift für physikalische Chemie. Band 48, pag. 641.
60. 1904. LOMMEL, Ueber die Viskosität des menschlichen Blutes
bei Schwitzproceduren. D. Arch. f. klin. Med. Bd. 80. H. 3 u. 4.
61. 1904. MÜLLER UND INADA, Zur Kenntniss der Jodwirkung bei
Arteriosclerose. D. Med. Wochenschrift no. 46. S. 1751.
62. 1904. WEBER UND WATSON, Ueber die Abhängigkeit der
Viscosität des Blutes von der Zahl der Blutkörperchen.
Folia haematologica S. 392.
63. 1904. RUSSEL BURTON-OPITZ, Ein Beitrag zur Viscosität des
Blutes. Zentralblatt für Physiologie XVIII 16.
64. 1904. RUSSEL BURTON-OPITZ, The changes in the viscosity
of blood produced by alcohol. Journal of Physiology Bd. 32.
65. 1905. HEUBNER, Die Viscosität des Blutes.
Arch. f. exp. Path. u. Pharm. Bd. 53. S. 280.
66. 1905. HIRSCH U. BECK, Die Viscosität des Blutes.
Arch. f. exp. Path. u. Pharm. Bd. 54. S. 54.
67. 1905. HEUBNER. Die Viscosität des Blutes.
Arch. f. exp. Path. u. Pharm. Bd. 54. S. 149.
68. 1905. FANO E ROSSI, Sulla viscosità del siero di sangue
solo e mescolato con varie Sostanze.
Arch. di Fisiol. Vol. I.
69. 1905. FANO E ROSSI, Sulle condizioni determinanti il
comportamento della viscosità del siero sanguigno et di
soluzioni gommose per aggiunta di cloruro di sodio di
glucoso.
Arch. di Fisiol. Vol. I. fasc. 5.
70. 1905. FANO E ROSSI, Sulla viscosità del siero sanguigno
nelle lesioni sperimentali dell' apparecchio tiroideo.
Arch. di Fisiol. Vol. II. 589.
71. 1905. ROSSI, La viscosità e la resistenza elettrica del siero

- di sangue a temperature diverse e prossime a quelle dell' organismo. Arch. di Fisiol Vol. I fasc. 4.
72. 1905. CAPOSI, Mitteilungen aus dem Grenzgeb. der Medizin u. Chirurgie Bd. 13. H. 3.
 73. 1905. KORÁNYI U. BENEC, Physik-chemische Untersuchungen über die Wirkung der Kohlensäure auf das Blut. Pflug. Arch. 110. 513.
 74. 1905. SAHLI, Lehrbuch der klin. Untersuchungsmethoden pag. 715.
 75. 1905. BREITNER, Die Rolle der Viskosität des Blutes im Kreislauf bei Herzkranken. Vortrag Budapest. Referat Fol. haemat. 2 Jahrg. Heft 6.
 76. 1905. RUSSEL-BURTON-OPITZ, The changes in the viscosity of the blood during narcosis. Journal of Physiology Vol. 32.
 77. 1906. BENEC, Untersuch. über die Viskosität des Blutes. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 58. S. 203.
 78. 1906. DU PRÉ DENNING U WATSON, The viscosity of the blood. Proc. Roy. Soc. B. 78. 328.
 79. 1906. DU PRÉ DENNING U WATSON, A simple form of clinical viscosimeter. Lancet July 14.
 80. 1906. HESS, Viskosität d. Blutes u Herzarbeit. Vierteljahrsschrift der Naturforscher-Gesellschaft. Zürich Jahrg 51.
 81. 1906. BORELLI ET DATTA, Saggi di viscosimetria clinica Revista critica di Clinica Medica no. 46.
 82. 1906. DETERMANN, Klin. Untersuchungen über die Viskosität des Menschl. Blutes. Verhandlungen des Kongr. f. inn. M. 450.
 83. 1906. DETERMANN, Zur Methodik der Viskositätsbestimmung des Menschl. Blutes. M. M. W. no. 19. S. 905.
 84. 1906. DETERMANN, Klin. Untersuch. der Viskosität des menschlichen Blutes. Zeitschrift f. klin. Med. Festschrift f. Bäumler Bd. 59. Heft 2.
 85. 1906. RUSSEL-BURTON-OPITZ, The effect of changes in temperature upon the viscosity of the living blood. Journal of exp. med. 25 I.

86. 1906. FANO E ROSSI, Sulla viscosità del siero sanguigno nelle lesioni sperimentali dell apparecchio tiro-paratiroides. Arch. di Fisiol Vol. II Fase V.
87. 1906. RUSSEL-BURTON-OPITZ, Weitere Studien über die Viskosität des Blutes. Pflüg. Arch. Bd. 112.
88. 1907. HESS, Ein neuer Apparat zur Bestimmung der Viskosität des Blutes. Korrespondenzbl. f. Schw. Aerzte Heft 3. M. M. W. no. 32 S. 1590.
89. 1907. HESS, Die Bestimmung der Viskosität des Blutes M. M. W. no. 45. S. 2225.
90. 1907. BURTON-OPITZ, A clinical viscosimeter. Proc. Soc. for exp. biol. 19.
91. 1907. BURTON-OPITZ, Weitere Bestimmungen der Viskosität des Blutes. Pflüg. Arch. Bd. 119. S. 359.
92. 1907. DU BOIS-REYMOND, BRODIE, MÜLLER, Der Einfluss der Viskosität auf die Blutströmung und das Poiseuille'sche Gesetz. Arch. (Anat. u) Phys. Suppl. 38.
93. 1907. BOVERI, Veränderungen der Blutviskosität durch Mineralwässer. Idrologia e climatologia no. 10.
94. 1907. SEGALÉ, Die innere Reibung (η) des Blutserums in morphisirten Tieren (Inst. f. Allg. Pathol. Genua.) M. M. W. no. 35.
95. 1907. KOTTMAN, Ueber die Viskosität des Blutes. Korr. Bl. f. Schweizer Aerzte, no. 4 en 5.
96. 1907. BECK, Beiträge zur Bestimmung der inneren Reibung. Z. physik Chemie 58. 409.
97. 1907. WINTER, Beiträge zur Kenntnis der Polycythaemie. Diss. Breslau.
98. 1907. DETERMANN, Ein einfaches, stets gebrauchsfertiges Blutviskosimeter M. M. W. no. 23. S. 1130.
99. 1907. DETERMANN, Ein einfaches, stets gebrauchsfertiges Blutviskosimeter, nebst Bemerkungen zur Methodik der Viskositäts bestimmungen. Verhandlg. des Kongr. f. Inn. Med.
100. 1907. DETERMANN, Die Beeinflussung der Viskosität des

- menschl. Blutes d. Kältereize, Wärme-Entziehung, -Zufuhr, -stauung. B. Kl. W. no. 22 u 23.
101. 1907. CESANA, Sulla viscosità del siero di sangue. Archivio di fisiologia fasc. IV.
 102. 1907. BURTON OPITZ, Weitere Bestimmungen der Viskosität des Blutes. Pflüg. Arch. Bd. 119. S. 359.
 103. 1907. STOKVIS, Voordrachten over Geneesmiddelleer. Deel II, blz. 643.
 104. 1907. GALLI, Viscosita del sangue e lavoro del cuore. Rivista critica di clinica med. no. 47.
 105. 1907. ROTKY, Beiträge zur Viskosität des menschlichen Blutes, Zeitschrift für Heilkunde, Heft. II.
 106. 1907. ROBERT—TISSOT, La viscosité sanguine, Folia haematologica IV : 4.
 107. 1908. HESS, Die Viskosität des Blutes bei Gesunden. D. Arch. f. Klin. Med., Bd. 94, S. 404.
 108. 1908. BLUNSCHY, Beiträge zur Lehre von der Viskosität des Blutes, Inaugur. Diss. Zürich. Korrespondenzblatt. f. Schweiz. Aerzte S. 664.
 109. 1908. HENSLER, Der heutige Stand der Lehre von der Viskosität des Blutes, Diss. Zürich.
 110. 1908. BACHMANN, Die Klinische Verwertung der Viskositätsbestimmung D. Arch. f. Klin. Med., Bd. 94 S. 409.
 111. 1908. HESS, Der Einfluss warmer Bäder auf die Viskosität des Blutes. Wien. Klin. Rundschau.
 112. 1908. LINDMANN, Klinische und experimentelle Beiträge zur pharmakologischen Beeinflussung der Blutviskosität, Inaugur. Diss. Marburg.
 113. 1908. FABRIKANT, Ueber die Beeinflussung der Viskosität der Kolloide durch Electrolyte. Zeitschr. f. Chem. u. Ind. d. Colloide.
 114. 1908. KOBLER, Untersuchungen über Oberflächenspannung u. Viskosität der Milch. Pflüg. Arch.
 115. 1908. HERZOG, Modifications de la viscosité du sang après injection des poisons cardio-vasculaires. Thèse de doctorat Saint-Petersbourg.

116. 1908. ROGER, Introduction à l'étude de la viscosité du sang. Archives de Médecine expérimentale et d'anatomie pathologique. XX année no. 5 p. 565—580.
117. 1908. BOVERI, Viscosité du sang et jode. La Presse médicale 3 août.
118. 1908. ZANGGER, Un appareil nouveau pour mesurer la viscosité du sang. Soc. de Biol. T. LXIV no. II, p. 485.
119. 1908. FREY, On viscosity of Blood. The Transvaal Medical Journal. April.
120. 1908. MÜNZER, Ueber Polyzythaemie nebst Beiträgen zur klinischen Blutuntersuchung. Zeitschr. f. exp. Path. u. Ther.
121. 1908. DETERMANN, Das Verhalten der Blutviskosität bei Joddarreicherung. D. Med. Wochenschr. no. 20 S. 871.
122. 1908. NAEGELI, Blutkrankheiten und Blutdiagnostik.
123. 1908. BOTAZZI, Errico u. Japelli. Wirkung der Viskositätsänderungen des Blutes auf die Harnabsonderung. Bioch. Zeitschr. Bd. 7 no. 42.
124. 1909. MÜNZER u. BLOCH, Die Bestimmung der Viskosität des Blutes mittelst der Apparat von Determann und Hess nebst Beschreibung eines eigenen Viscosimeters.
125. 1909. BACHMANN, Die Viskosität des Blutes und ihre diagnostische Bedeutung. Mediz. Klinik no. 37.
126. 1909. HESS, Die Viskosimetrie des Blutes. Mediz. Klinik no. 37.
127. 1909. ULLMER, Die Bestimmung des Volumens der Blutkörperchen auf viskosimetrischen Wege. Diss. Zürich.
128. 1909. SCHEITLIN, Vergleichende Untersuchungen über die Blutviskosität bei gesunden und kranken Tieren. Diss. Zürich.
129. 1909. FILIPPI, Ein Vorschlag für einen chem. Spannungs- und Reibungs-Messapparat. Fol. Serol. Bd. 2. Heft. 8.
130. 1909. FERRAI, Ricerche viscosimetriche sul sangue in putrefazione II. Policlinico. Sez. Med. no. 6.
131. 1909. CHRISTEN, Die Pulsdiagnostik auf math. physik. Grundlage. Zeitschr. f. exp. Path. u. Ther.

132. 1909. DETERMANN, Ueber die vegetarische Lebensweise bei gesunden. Med. Klinik. Beiheft 3.
133. 1909. DETERMANN, Kritische Betrachtung der vegetarischen Ernährungsweise. XXX Versammlung der Balneol. Ges. Berlin D. Med. Wochenschr. 12. S. 559.
134. 1909. ADAM, Zur Viskosität des Blutes. Zeitschr. f. Klin. Med. Bd. 68. Heft 34.
135. 1909. TRUMPP, Viskosität, Hämoglobin- und Eiweissgehalt des kindlichen Blutes. Münch. Med. Woch. 56. no. 42.
136. 1909. VAN DAM, Ned. Tijdschr. v. Gen. I blz. 782.
137. 1909. MÜNZER u. BLOCH, Experimentelle Beiträge zur Kritik der Viscositätsbestimmungsmethoden. Zeitschr. f. exp. Path. u. Ther.

STELLINGEN.

I.

Bij de verdere studie van het viscositeitsvraagstuk, zoek men meer naar verfijning, dan naar vereenvoudiging der onderzoekingsmethode.

II.

Bij de ziekenhuisverpleging van roodvonkpatienten is het zeer gewenscht versche en oude, lichte en zware, gecompliceerde en ongecompliceerde gevallen van elkaar af te zonderen.

III.

Bij beginnende tuberculosis pulmonum is een sanatorium-behandeling te Davos of daarmee gelijk te stellen plaatsen in het hooggebergte te verkiezen boven het laagland.

IV.

Het Fickersche typhusdiagnosticum is voor den medicus practicus van veel waarde, mits daarnevens het paratyphus diagnosticum worde aangewend.

V.

Bij larynxstenose door diphtherie verdient tracheotomie de voorkeur boven intubage.

VI.

Voor het openen van de buikholte zijn in het algemeen dwarse sneden aanbevelenswaardig.

VII.

De halfslaap door middel van scopolamine-morphine injectie is bij den partus af te raden.

VIII.

Men gebruike het woord suggestie niet zonder te definieeren, wat men er onder verstaat.

IX.

Exenteratio bulbi is, behalve bij panophthalmie, een gevaarlijke operatie.

X.

Tonsillotomie ambulatorisch te verrichten is niet ondenkelijk.

XI.

De gunstige werking van phosphorlevertraan bij rachitische kinderen, is meer toe te schrijven aan de levertraan, dan aan den phosphor.

XII.

Ter opsporing van de doodsoorzaak bij gevallen van z. g. hartzwakte en hartverlamming dient de pathaloog-anatoom rekening te houden met den toestand van het atrio-ventriculair systeem.

XIII.

Uit een hygienisch oogpunt is het gewenscht, dat de grondslag „haardsteden”, uit de wet op de personeele belasting verdwijne.

XIV.

De in de pharmacopee voorgeschreven wijze van bewaren der solutio jodii spirituosa is irrationeel.

XV.

Dranken en poeders zijn als dispensatievorm voor medicamenten te verkiezen boven pillen en tabletten.

XVI.

Bij hevige bloedingen verdient het geven van melkclysmata aanbeveling.

XVII.

Het verdedigen van een proefschrift geve artsen het recht op het voeren van den doctorstitel.
